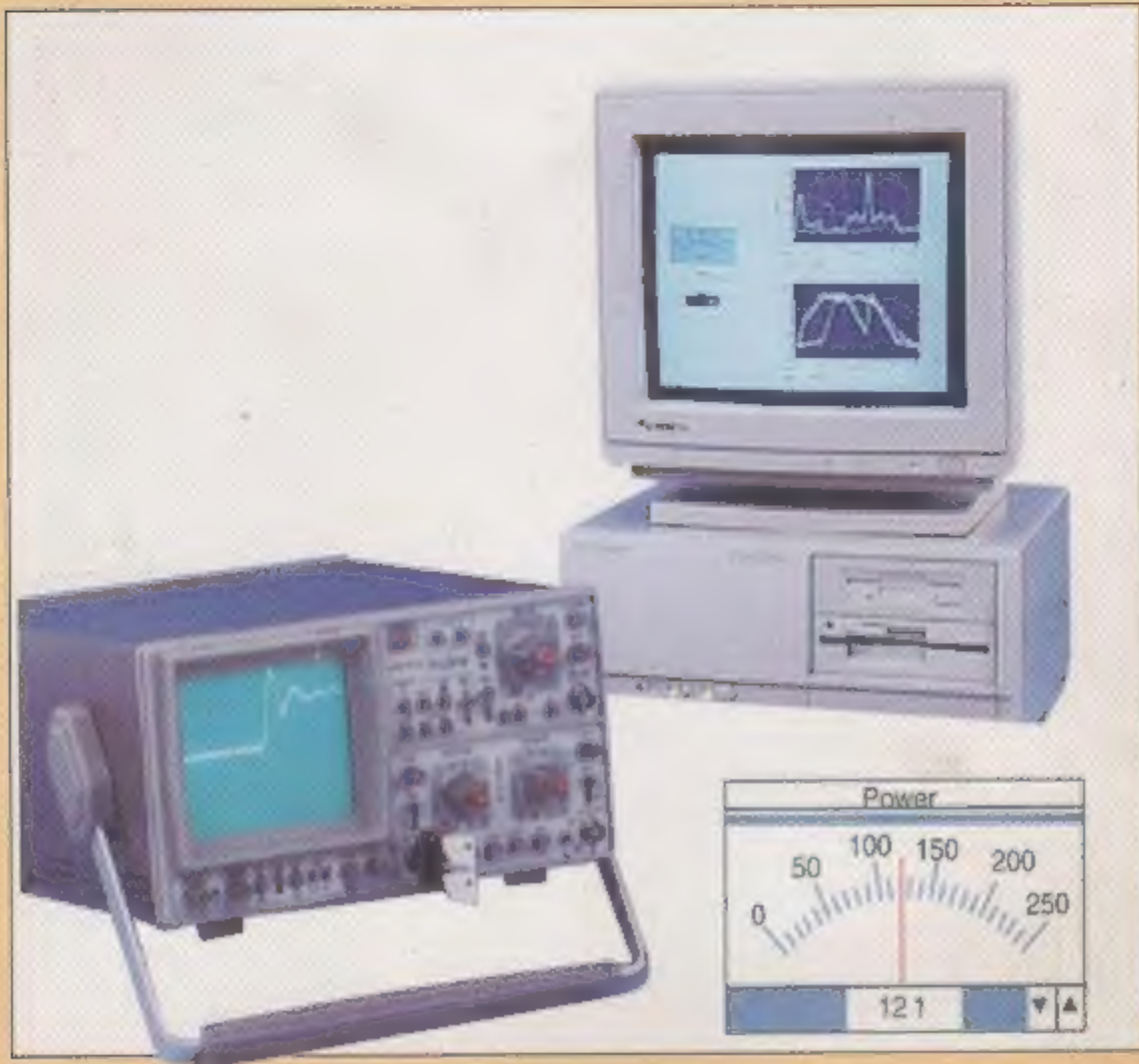




المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة للتعليم الفني
إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم



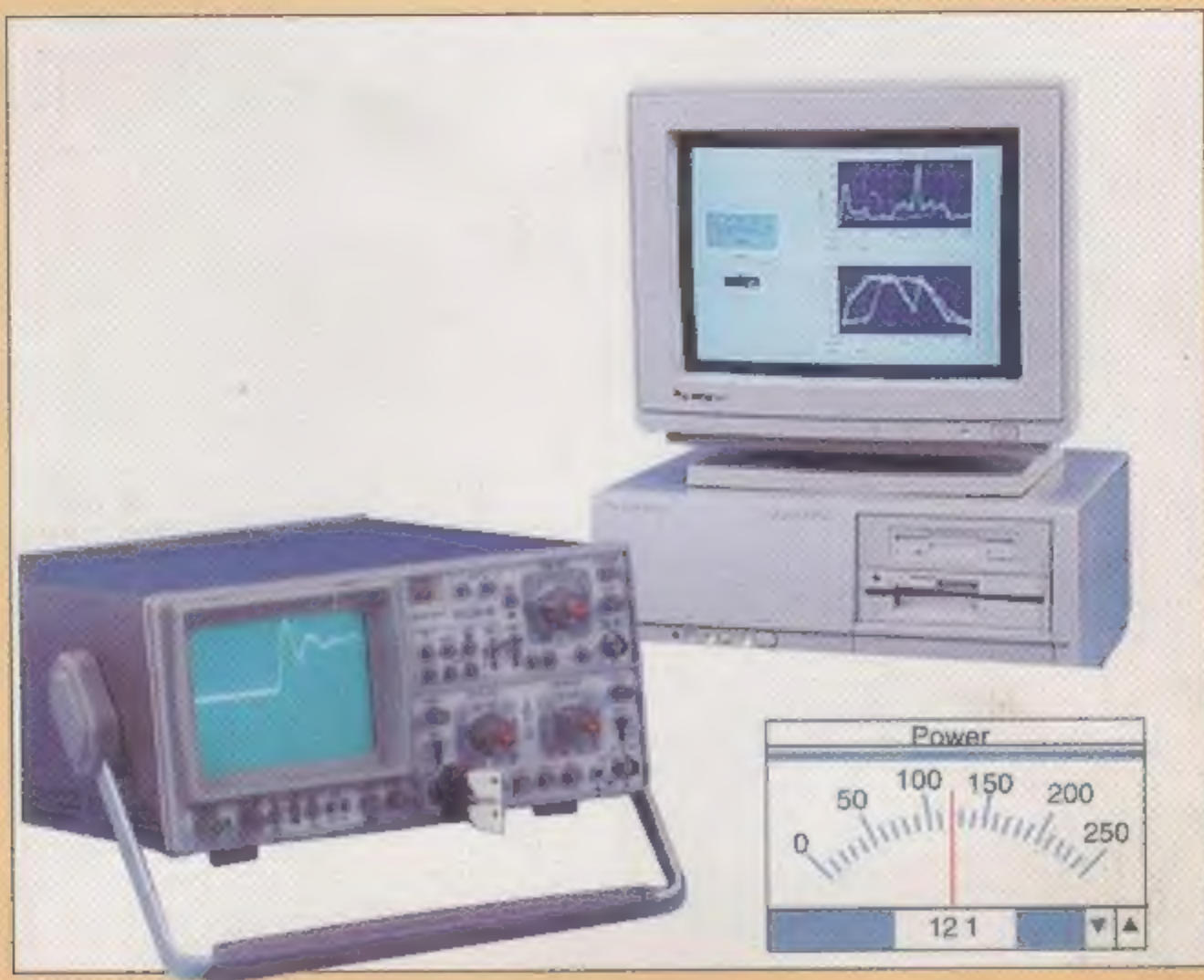
أجهزة القياس والتحكم
استخدام

يوزع مجاناً ولا يباع



المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة للتعليم الفني
إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم



يوزع مجاناً ولا يباع

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

استخدام أجهزة القياس والتحكم

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديدة
وطباعة ممتازة

نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

٣ المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، ١٤١٧ هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

السعودية . المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

استخدام الأجهزة والتحكم - الرياض .

٤٢٠ ص ١٧١ X ٢٤ سم

ردمك : ٧ - ٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠

١ - أجهزة القياس ٢ - السعودية - التعليم الفني - كتب دراسية

أ - العنوان

١٧ / ٠٩٦٩

ديوي ٦٢١،٣٧٢

رقم الإيداع : ١٧ / ٠٩٦٩

ردمك : ٧ - ٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠

First Printing Arabic Edition 1997

الطبعة الأولى باللغة العربية ١٩٩٧

- Copy right of the Arabic edition for the Kingdom of Saudi Arabia as well as for all other countries exclusively by: General Organization for Technical Education and Vocational Training.

- حقوق الطبع باللغة العربية في المملكة العربية السعودية وفي جميع دول العالم الأخرى محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني.

- All rights reserved. No portion of this book may be reproduced in any form without written permission of the copyright holder.

- لا يجوز إنتاج أي جزء من هذا الكتاب ، على أي شكل من الأشكال دون الحصول على تصريح كتابي من أصحاب حقوق الطبع.

- Translation and supervision over production & printing was done by (Al - Saif Translation House) by assignment of the General Organization for Technical Education and Vocational Training within the scope of the technical cooperation agreement between the Kingdom of Saudi Arabia and Japan.

- قامت بترجمة الكتاب ومراجعته والإشراف على الإخراج والطباعة دار السيف للترجمة بتكليف من المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني في إطار اتفاقية التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

يتسم هذا العصر بتدخل الآلة في مختلف أوجه حياة الإنسان ؛ في صناعته ، وزراعته ، وتجارته ، وفي منزله ، وفي كافة شئون حياته اليومية . فلقد حررت الآلة الإنسان من العمل الروتيني المتكرر ، ليمارس ما كرمه الله به "العقل" على نطاق واسع ، حتي أصبح يطلق اصطلاح «الإنسان الآلي» على كثير من الأجهزة التي تقوم بدلاً من الإنسان ، بأعمال عديدة ومعقدة .

وكتاب «استخدام الأجهزة والتحكم» الذي نضعه بين يديك -أخي الطالب - يطل بك على هذا العلم ، فيشرح مبادئه ، ويبين أسسه ، ويوضح قواعده ، دعماً لك في مشوار المعرفة في هذا المجال .

ولا يفوتنا أن ننوه بالدعم السخي ، الذي قدمته وكالة اليابان للتعاون الدولي (جايبكا) ، حيث قامت بتقديم الكتاب ، وترجمته من اللغة اليابانية إلى اللغة الإنجليزية ، في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان .

نسأل الله تعالى لك دوام التوفيق والنجاح في نهل هذا العلم ، ،

مدير عام التعليم الفني



الدكتور / علي بن ناصر الفغيص

فهرست المحتويات

الموضوع	صفحة
تقديم	
الفصل الأول : أساسيات استخدام أجهزة القياس	١
١ - ١ أساسيات استخدام أجهزة القياس	١
١-١-١ القياسات واستخدام أجهزة القياس	١
١-١-٢ مكونات أجهزة القياس	٢
١-١-٣ التحويل	٥
١-١-٤ نظام استخدام أجهزة القياس	٧
٢ - ١ أخطاء القياس	١١
١-٢-١ الأخطاء	١١
١-٢-٢ تصنيف الأخطاء	١٣
٣ - ١ أداء أجهزة القياس	١٥
١-٣-١ دقة أجهزة القياس	١٥
١-٣-٢ حساسية أجهزة القياس	١٧
١-٣-٣ العلاقة بين الدقة والحساسية	١٨
٤ - ١ معالجة القيم المقاسة	١٨
١-٤-١ القيمة المتوسطة والانحراف المعياري	١٨

الموضوع	صفحة
١ - ٤ - ٢ الرقم المعنوي	٢٠
١ - ٤ - ٣ حسابات الجمع والطرح	٢١
١ - ٤ - ٤ حسابات القسمة والضرب	٢٢
١ - ٤ - ٥ تقريب القيم	٢٤
تمارينات	٢٦
الفصل الثاني : استخدام أجهزة قياس الطول	٢٧
٢ - ١ وحدات الأطوال ومعاييرها	٢٧
٢ - ١ - ١ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الخطي	٢٩
٢ - ١ - ٢ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الطرفي	٣٢
٢ - ٢ الأخطاء في قياس الطول	٣٥
١ - ٢ - ٢ أخطاء أجهزة القياس	٣٥
٢ - ٢ - ٢ أخطاء أجهزة القياس والأجزاء التي يتم قياسها	٣٩
٢ - ٢ - ٣ التأثيرات الأخرى	٤٤
٢ - ٣ استخدام أجهزة القياس الميكانيكية	٤٥
١ - ٣ - ٢ استخدام المسامير المسننة والعجلات المسننة	٤٥
٢ - ٤ استخدام أجهزة القياس الضوئية	٥٢
١ - ٤ - ٢ استخدام الذراع الضوئي	٥٢
٢ - ٤ - ٢ تطبيق هُـدْبُ التداخل الضوئي	٥٦

الموضوع	صفحة
٢-٤-٢ استخدام شعاع الليزر	٦١
٢-٤-٤ تطبيقات هُدْب مَوَار	٦٦
٢-٤-٥ القياسات الرقمية عن طريق إشارات نبضية ضوئية	٦٩
٢ ٥ استخدام أجهزة قياس لموضع	٧٠
٢-٥-١ استخدام السوائل	٧٢
٢-٥-٢ استخدام الهواء	٧٤
٢ ٦ استخدام أجهزة القياس الكهربائية	٧٧
٢-٦-١ خصائص استخدام أجهزة القياس الكهربائية	٧٧
٢-٦-٢ نظام التحويل بالمقاومات	٧٩
٢-٦-٢ نظام التحويل بالمحاثات	٨٤
٢-٦-٤ نظام التحويل بالسعة الكهروستاتية	٨٩
٢-٦-٥ نظام التحويل الكهروضوئي	٩١
٢-٦-٦ نظام التحويل الكهربائي الإجهادي	٩٢
٢-٦-٧ نظام التحويل المغنطيسي (المقياس المغنطيسي)	٩٣
٢-٦-٨ أجهزة البيان	٩٥
٢-٦-٩ تحويل الإشارات من تناظرية إلى رقمية	٩٩
٢ ٧ استخدام أجهزة قياس لشكر	١٠٠
٢-٧-١ أجهزة القياس الضوئية	١٠٠
٢-٧-٢ أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد	١٠١

الموضوع	صفحة
٢ - ٨ استخدام أجهزة قدس خشونة السطح	١٠٧
٢-٨-١ طريقة التعبير عن خشونة السطح	١٠٧
٢-٨-٢ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح	١٠٧
تمرينات	١١٤
هوامش	١١٧
الفصل الثالث : استخدام أجهزة قياس الكتلة والقوة	١١٩
٣ - ١ استخدام أجهزة قياس الكتلة	١١٩
٣-١-١ الميزان نو المنصة (الطبلية)	١٢٠
٣-١-٢ الميزان	١٢٢
٣-١-٣ الميزان نو المبين	١٢٥
٣-١-٤ الميزان الصناعي	١٢٦
٣ - ٢ استخدام أجهزة قياس القوة	١٢٨
٣-٢-١ مرجع (إسناد) القوة	١٢٨
٣-٢-٢ صندوق المعايرة المرن	١٣٠
٣-٢-٣ خلية الحمل	١٣١
تمرينات	١٣٤
هوامش	١٣٥

الموضوع	صفحة
الفصل الرابع :استخدام أجهزة قياس الزمن وسرعة الدوران	١٣٧
٤ - ١ استخدام أجهزة قياس الزمن	١٣٧
٤-١-١ جهاز قياس الوقت (الساعة)	١٣٧
٤-١-٢ المبين ذو البلورات السائلة	١٤١
٤ - ٢ استخدام أجهزة قياس سرعة الدوران	١٤٣
٤-٢-١ تاكومتر الطرد المركزي	١٤٣
٤-٢-٢ التاكومتر المولد	١٤٥
٤-٢-٣ التاكومتر الستروبيوسكوبي	١٤٦
٤-٢-٤ التاكومتر المحمول ذو الساعة	١٤٩
٤-٢-٥ التاكومتر الإلكتروني الرقمي	١٤٩
تمرينات	١٥٥
هوامش	١٥٦
الفصل الخامس :استخدام أجهزة قياس الموائع	١٥٧
٥ - ١ استخدام أجهزة قياس الضغط	١٥٧
٥-١-١ أنواع ومدى قياس مقاييس الضغط	١٥٨
٥-١-٢ مقاييس الضغط بعمود سائل	١٦٠
٥-١-٣ المبين المرئي لقياس الضغط	١٦٠
٥-١-٤ المبين الكهربائي لقياس الضغط	١٦٣

الموضوع	صفحة
٥-١-٥ مقياس التفريغ	١٦٣
٥ ٢ استخدام أجهزة قياس الانسياب	١٦٣
٥-٢-١ مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلي)	١٦٥
٥-٢-٢ مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة	١٦٧
٥-٢-٣ مقياس الانسياب بإزاحة موجبة	١٦٧
٥-٢-٤ مقياس الانسياب المروحي (بدفاعة)	١٧٠
٥-٢-٥ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسى	١٧٢
٥ ٢ استخدام أجهزة قياس مستوى السائل	١٧٢
٥-٢-١ مبين مستوى السائل ذو العوامة	١٧٢
٥-٢-٢ مبين مستوى السائل بالضغط	١٧٣
٥-٢-٣ مبيّنات أخرى لمستوى السائل	١٧٦
تمرينات	١٧٨
هوامش	١٨٠

الفصل السادس : استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة

١ ٦ أجهزة قياس درجة الحرارة	١٨١
٦-١-١ مقياس درجة الحرارة	١٨١
٦-١-٢ أنواع ومدى القياس للترمومترات	١٨٢

الموضوع	صفحة
٦-١-٣ الترمومتر المعدنى	١٨٢
٦-١-٤ الترمومتر الكهربائى	١٨٥
٦-١-٥ ترمومتر الإشعاع الحرارى	١٩١
٦-١-٦ استخدام أجهزة قياس درجات الحرارة لعمل مخطط	١٩٣
٦-٢ استخدام أجهزة قياس الرطوبة	١٩٣
٦-٣ استخدام أجهزة قياس الغازات	١٩٥
تمرينات	١٩٧
هوامش	١٩٩

الفصل السابع · التحكم الأوتوماتيكي	
٧-١	الأوتوماتيكية والتحكم الأوتوماتيكي
٧-١-١	تاريخ الأوتوماتيكية
٧-١-٢	الأوتوماتيكية
٧-٢	التحكم الأوتوماتيكي
٧-٢-١	التحكم
٧-٢-٢	التحكم الأوتوماتيكي
٢١١	تمرينات
٢١١	هوامش

الموضوع	صفحة
الفصل الثامن : التحكم المتتابع	٢١٣
٨ - ١ نظام التحكم المتتابع ودوره المرحل	٢١٣
٨ - ١ - ١ شكل نظام التحكم المتتابع	٢١٥
٨ - ١ - ٢ دائرة المرحل	٢١٥
٨ - ٢ دوائر التحكم المتتابع المختلفة	٢٣٨
٨ - ٢ - ١ التحكم المتتابع الكهربائي	٢٣٨
٨ - ٢ - ٢ التحكم المتتابع الهيدروليكي	٢٤٣
٨ - ٢ - ٣ بناء دائرة تتابع هيدروكهربائية	٢٥٥
٨ - ٢ - ٤ دائرة تتابع بالهواء المضغوط بالكامل	٢٦٦
تمرينات	٢٧١
هوامش	٢٧٣
الفصل التاسع : التحكم بالتغذية المرتدة	٢٧٥
٩ - ١ نظم التحكم بالتغذية المرتدة	٢٧٥
٩ - ١ - ١ إشارة نظام التحكم بالتغذية المرتدة	٢٧٥
٩ - ١ - ٢ شكل نظام التحكم بالتغذية المرتدة	٢٧٦
٩ - ١ - ٣ تصنيف التحكم بالتغذية المرتدة	٢٧٩
٩ - ٢ عناصر التحكم والاستجابة	٢٨١
٩ - ٢ - ١ الاستجابة ذات الخطوة (الخطوية)	٢٨١

الموضوع الصفحة

٢٨٢	٢-٢-٩ العنصر التناسبي
٢٨٣	٣-٢-٩ العنصر المتكامل
٢٨٥	٤-٢-٩ عنصر التخلف من المرتبة الأولى
٢٨٩	٥-٢-٩ عنصر التفاضل
٢٨٩	٦-٢-٩ عنصر زمن الضمود
٢٩١	٩ ٣ مكوبات معدات التحكم وعملية التحكم
٢٩١	١-٣-٩ جزء الكشف
٢٩٣	٢-٣-٩ مفتاح التحكم
٣١٢	٣-٣-٩ عنصر التحكم النهائي
٣١٧	٩ - ٤ آلية المؤازرة
٣١٨	١-٤-٩ آلية المؤازرة الهيدروليكية
٣٢٠	٢-٤-٩ آلية المؤازرة الكهربائية
٣٢٥	٣-٤-٩ آليات المؤازرة التناظرية والرقمية
٣٢٧	٤-٤-٩ أمثلة لآليات المؤازرة
٣٢٨	٩ - ٥ التحكم في العمليات
٣٣٠	تمارينات

٣٣٣ الفصل العاشر : التحكم الرقمي

٣٣٣	١ - ١. التحكم الرقمي
-----	----------------------

الموضوع	صفحة
١-١-١. الحاسب والإشارة الرقمية	٣٣٣
٢-١-١. خصائص الحاسب الدقيق	٣٣٣
٣-١-١. آلية الحاسب الدقيق	٣٣٦
١ - ٢. أساسيات الحاسب الدقيق	٣٣٨
١-٢-١. الإشارة الثنائية	٣٣٨
٢-٢-١. الرموز العشرية والثنائية	٣٣٩
١. ٢ ٣ الأرقام العشرية والثنائية والسادسية العشرية	٣٤٢
١-٢-٤. الدائرة المنطقية	٣٤٥
١-٢-٥. دائرة الجمع	٣٤٨
١ - ٢. مخطط سير العمليات	٣٥٠
١-٢-١. رموز مخطط سير العمليات	٣٥٠
١-٢-٢. كيفية كتابة مخطط سير العمليات	٣٥٣
١-٢-٣. تنفيذ كلمة تعليمات	٣٥٣
١-٤. لغات البرامج	٣٥٣
١-٤-١. لغات البرامج	٣٥٣
١ - ٥. تطبيقات الحاسب الدقيق	٣٥٨
١-٥-١. التحكم في الآلة عن طريق حاسب دقيق	٣٥٨
١-٥-٢. التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح	٣٦٠
١-٥-٣. التحكم في درجة حرارة فرن	٣٦٢

الموضوع	صفحة
١٠-٥-٤ التحكم في محرك السيارة	٣٦٤
٦-٦. الروبوت الصناعي	٣٦٦
١-٦-١. مكونات الروبوت الصناعي	٣٦٦
١-٦-٢. أنواع الروبوت الصناعي	٣٦٨
١-٦-٣. التحكم في الروبوت الصناعي	٣٦٨
١-٦-٤. المجسات	٣٦٨
١-٦-٥. البرامج (لغات برمجة الروبوت)	٣٧٣
١-٧. أجهزة التعبير بالحكم العددي	٣٧٣
١-٧-١. مسار العمل في حالة الات التشغيل	٣٧٧
بالتحكم العددي	
١-٧-٢. التحكم في أجهزة التشغيل بالتحكم العددي	٣٧٨
١-٧-٣. تحول المصنع إلى الأوتوماتيكية .	٣٨١
تمرينات	٣٨٣
ملاحظات ختامية	٣٨٤
ملحق . المصطلحات الفنية	٣٨٧



الفصل الأول

أساسيات استخدام أجهزة القياس FUNDAMENTALS OF INSTRUMENTATION

١-١ أساسيات استخدام أجهزة القياس

استخدام أجهزة القياس هو أساس اختبار الظواهر الطبيعية أو الكيميائية لإنتاج السلع وإبرام الصفقات . وسيتم فيما يلي شرح أسس قياس حالات وكميات معينة (قياس وزن) .

١-١-١ القياس واستخدام أجهزة القياس

Measurement and Instrumentation

عندما يكون ارتفاع مكتب 74 سم . فإن الـ 1 سم هنا هي القيمة الاسنادية (القيمة المرجعية) للطول . في هذه الحالة ، يكون ارتفاع المكتب هو 74 وحدة من هذه القيمة الاسنادية . وتعرف عملية «القياس» بأنها التعبير عن القيمة أو الحالة المقاسة بمقارنتها بقيمة أو حالة مرجعية ، وذلك بقيم عدديه أو باستخدام رموز لها قواعد معينة . وعلى سبيل المثال ، فإن القياس باستخدام إشارات ثنائية مذكورة في الفصل العاشر ، بند ١ «الإشارة الثنائية» ، هو تطبيق على هذا الأسلوب . وتعرف الكميات المرجعية بوحدات . ففي اليابان ، يتم تحديد الوحدات المسموح بها ، المذكورة في قانون القياسات .

وتسمى طريقة التعبير عن ارتفاعات مكتب وأصناف أخرى بقيم عددية ، طريقة التعبير الكمي . وبالمقارنة ، فإن طريقة التعبير عن حالات المواد بالإحساس مثل «ارتفاع المكتب منخفض أو عالي» تسمى طريقة التعبير النوعي . وفي طريقة التعبير النوعي ،

يختلف المرجع في الحكم، حيث يعتمد على الشخص الذي قام بالقياس ، ولا تعرف حالات المواد بالضبط. وعلى ذلك ، يجب أن تستخدم طريقة التعبير الكمي عن حالات المواد هندسياً بدلاً من الطريقة النوعية ويجب أن تأخذ في الاعتبار عدة أشياء عند قياس أبعاد جزء ميكانيكي وهي ، ماهي التفاصيل التي يجب أن تصل إليها القيمة المقاسة ؟ وما هي عملية القياس ، وماهي العمليات الحسابية والتسجيلات اللازمة لمراقبة الجودة أو الأغراض الأخرى؟ وما هي وظيفة المعدات اللازمة لقياسها؟ واستخدام أجهزة القياس يعني ، الطرق والوسائل اللازمة ، لاستخدامها والاستفادة من النتائج لهدف معين .

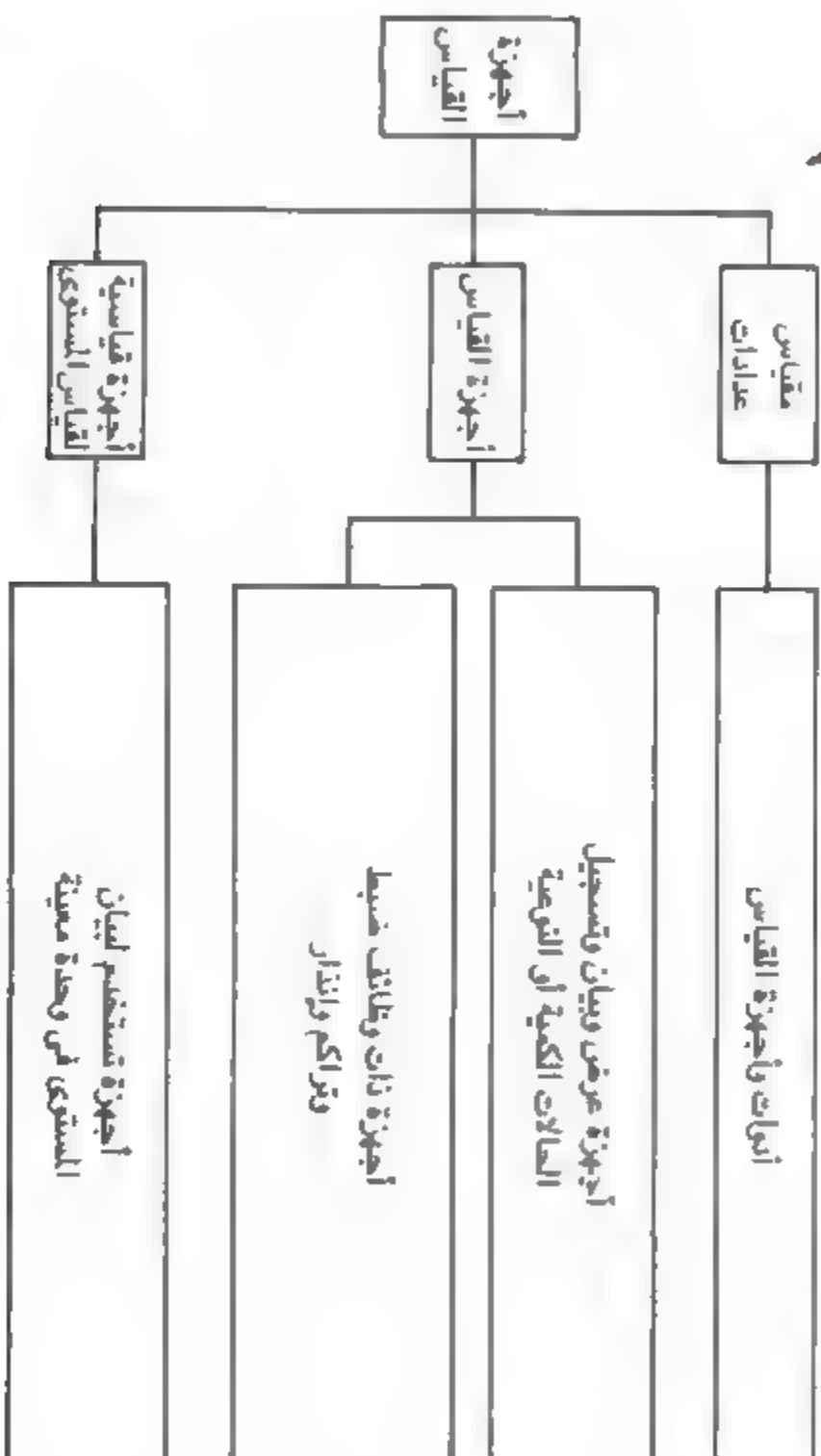
ويسمى «استخدام أجهزة القياس» الذي يتم أثناء عمليات الإنتاج الصناعي أو الإنتاج التابع له ، باستخدام أجهزة القياس في الصناعة. وتستخدم عمليات الإنتاج للصناعات الحالية ماكينات ومعدات بغرض تحسين الإنتاجية وإدخال الأوتوماتيكية وتوفير الطاقة . وتلعب تقنية استخدام أجهزة القياس في الصناعة دوراً بارزاً في هذا المجال .

١-١-٢ مكونات أجهزة القياس

Composition of Measuring Instruments

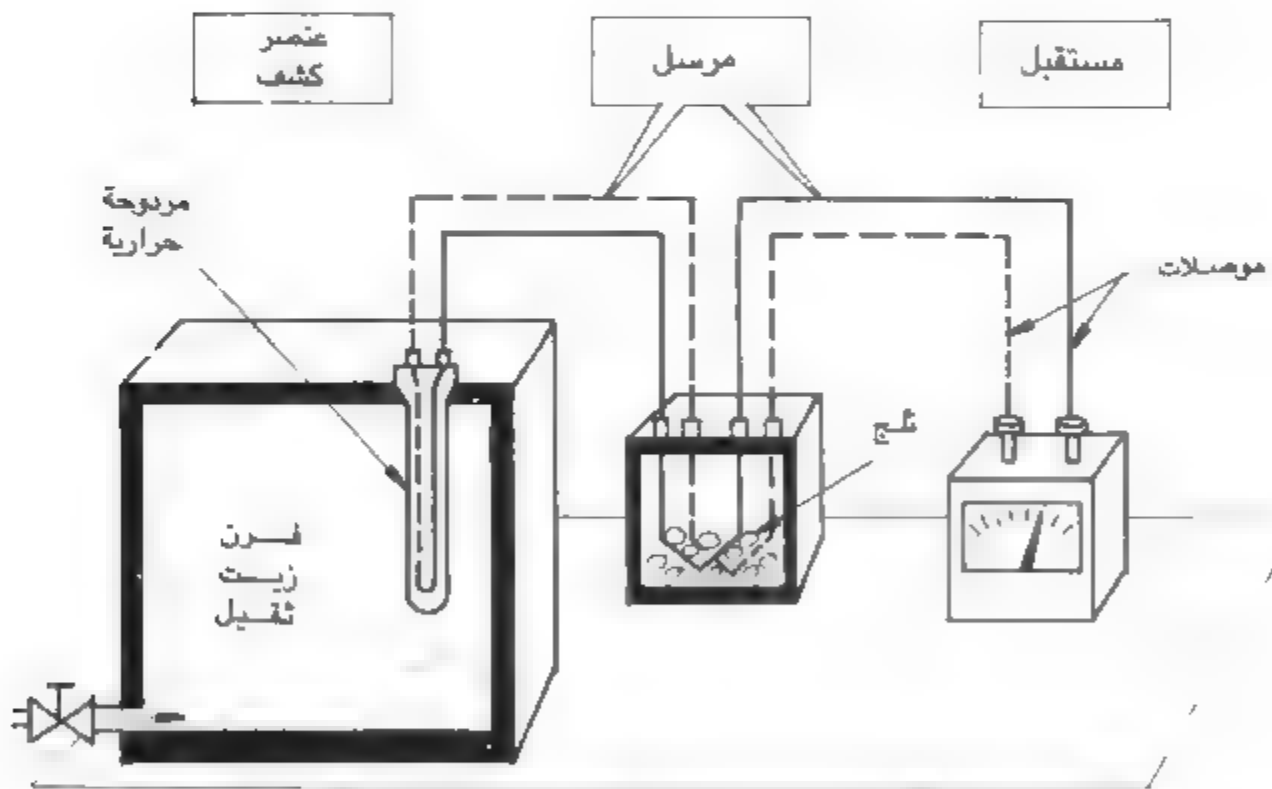
تسمى المقاييس والعدادات وأجهزة القياس والمعايير القياسية بشكل عام - بأجهزة القياس العامة- كما في الشكل ١ - ١ .

وتؤدي أجهزة لقياس الوظائف التي تناظر الحواس الخمسة للإنسان (نظر، وسمع، ولمس، وتذوق، وشم) . وحديثاً ، يرجع الفضل إلى الصناعات الالكترونية والحاسبات الآلية ، والمكينات والمعدات التي تعمل تبعاً لتعليمات تم إعدادها مسبقاً لأداء معظم الأعمال المناسبة باستخدام المعلومات التي تم الحصول عليها، بالإضافة إلى النظواهر التي يتم قياسها.



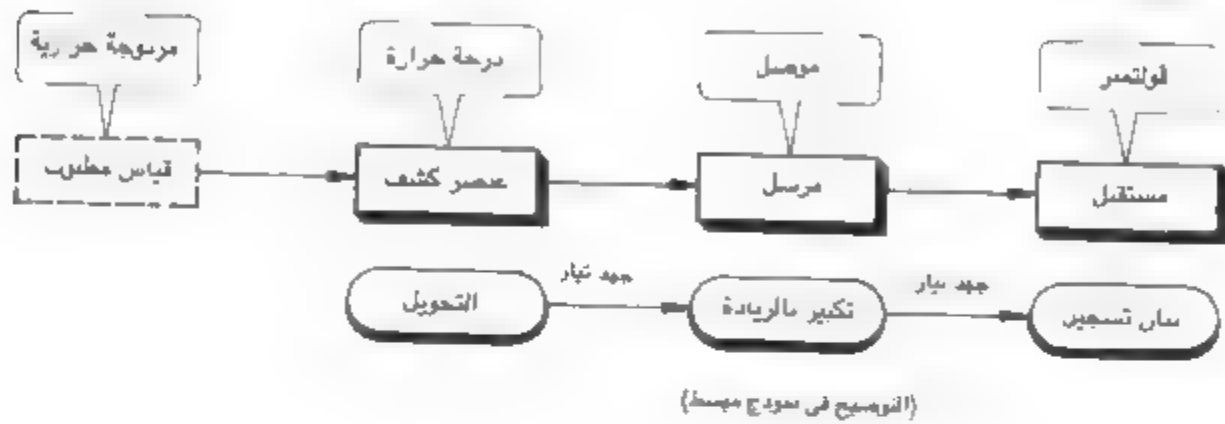
الشكل ١-١ تصنيف أجهزة القياس

ويستخدم قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حراري كهربائي كمثال معروض في شكل ١ - ٢، لتوضيح مكونات أجهزة القياس وتكشف درجة الحرارة داخل الفرن عن طريق مزدوجات حرارية (ارجع إلى الفقرة ٤ - القسم ١ - الفصل السادس) حيث يتم تحويل درجة الحرارة المقاسة إلى كمية كهربائية ، ترسل خلال أسلاك توصيل تنقلها إلى المستقبل. ويبين المستقبل درجة الحرارة عن طريق ثولتومتر بمقياس مدرج لبيان درجات الحرارة.



الشكل ١ - ٢ قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حراري كهربائي

والشكل ١ - ٣ يلخص المكونات الرئيسية لجهاز القياس .



الشكل ١ - ٢ مكونات جهاز القياس

Conversion

١ - ١ - ٣ التحويل

يكتشف الترمومتر الكهروحراري درجة الحرارة عن طريق مزدوجة حرارية وتحولها إلى كمية كهربائية . وفي مثل هذه الحالة ، فإن تغيير كمية معينة إلى كمية من نفس النوع مع الاحتفاظ بعلاقة ثابتة معها تسمى بـ «التحويل» . ويسمى الجهاز الذي يستخدم للتحويل بالمحول «المغير» . ويعرف تغيير كميات معينة إلى كميات أكبر من نفس النوع عادة بـ «التكبير» .

وتستخدم أجهزة القياس طريقة التحويل أو التكبير المناسبة للغرض الذي صنعت له .
ويبين الجدول ١ - ١ أنواع التحويل والتكبير التي تستخدم بشكل عام .

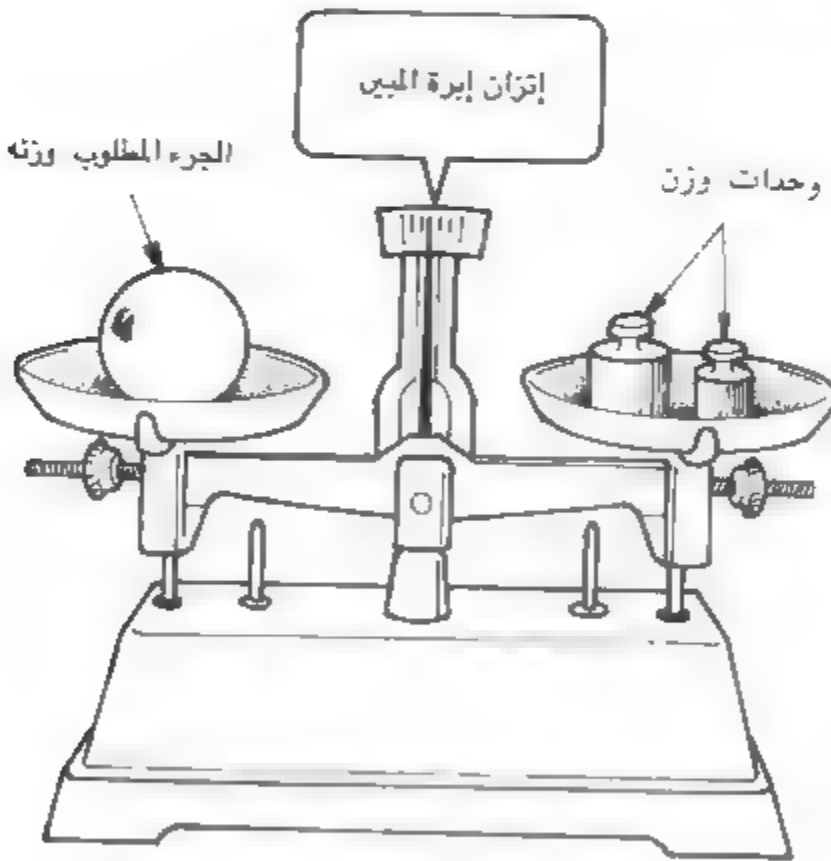
نوع الزيادة	نظام التحويل	طريقة التحويل
دراج - مسمار مسنن ، ترس (مقياس قرصي مدرج - أنظر ص (يحول القياس إلى إزاحة باستخدام سوستة ، منفوخ ، ثنائي معدني ، بشدول - أنظر ص (النظام الميكانيكي
دراج ضوئي ، عدسة (مقياس ضوئي - أنظر ص (يحول القياس إلى عدد من الهدب باستخدام هدب التداخل ، هدب موار (سطح ضوئي الإستواء - أنظر ص (النظام الضوئي
استوية الفقاعة (مقياس المستوى - أنظر ص (يحول القياس إلى معدلات ضغط الانسياب باستخدام فوهة ، انبوبة حقن (الميكرومتر انهوشي - أنظر ص (نظام السوائل
تكبير وتحويل الحهد (مكبر ، ومحول)	يحول القياس إلى مقاومة كهربائية ، سعة ، محاثة ، قوة دافعة كهربائية (مقياس الإنفعال - أنظر ص (النظام الكهربائي

الجدول ١-١ أنواع التحويل والتكبير

٤-١-١ نظام استخدام أجهزة القياس Instrumentation System

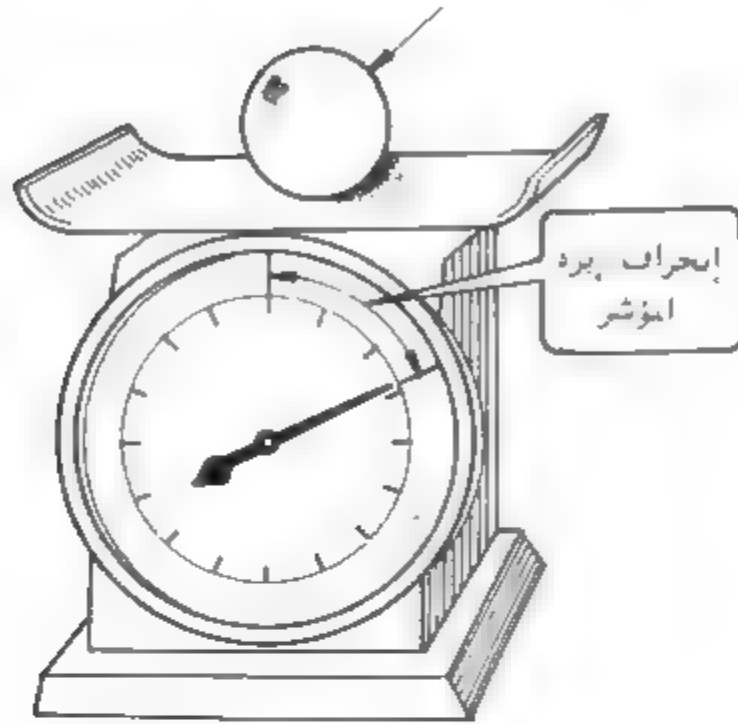
[١] الطريقة الصفيرية وطريقة الانحراف Zero and Deflection Methods

لندرس ماهى طرق القياس التي يمكن استخدامها عن طريق قياس الكتلة على سبيل المثال . فعند استخدام ميزان كما في الشكل ١ - ٤ ، توضع الأوزان على أحد جانبي الميزان وتضاف أوزان أو ترفع لتتوازن مع الغرض المطلوب وزنه . ومن هنا فإننا نعرف كتلة الغرض المطلوب وزنه من كتلة الأوزان عندما تشير إبرة الميزان إلى صفر «0» . وتعرف الطريقة الصفيرية بأنها طريقة تعيين الكمية المقاسة من الكمية المعروفة التي تتوازن معها . وذلك باتزان الكمية المطلوب قياسها (وزنها) مع المقدار المعلوم .



الشكل ١ - ٤ الوزن بالطريقة الصفيرية

الجزء المطلوب وزنه

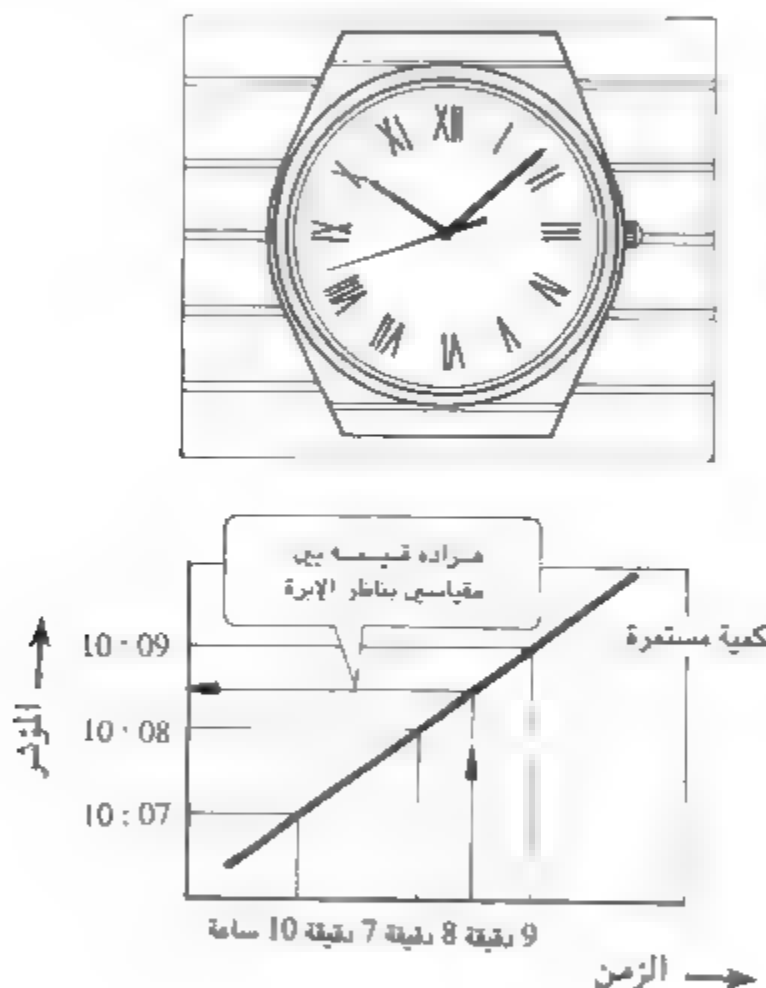


الشكل ١ - ٥ الوزن بطريقة الانحراف

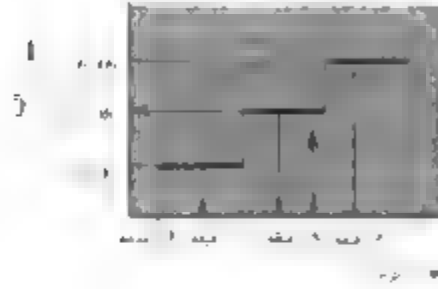
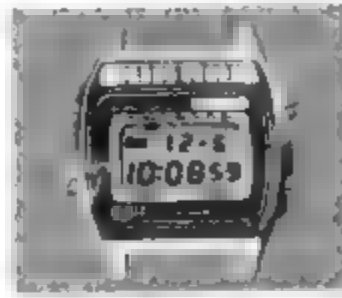
وفي المقابل مع هذه الطريقة ، توجد طريقة تستخدم ميزان بمنصة (كفة) كما في شكل ١ - ٥ ، وهي تقيس عن طريق انحراف إبره مبين ينتج من تحرك يابى عندما يؤخذ مع الغرض المطلوب وزنه على الياى وتعرف طريقة الانحراف بأنها الطريقة التى تعرف بها الكمية المقاسة عن طريق إحداث تغير فى المؤشر تبعاً للكمية المقاسة - ولا يتطلب القياس بطريقة الانحراف جهداً كبيراً، غير أن القياس بالطريقة الصفرية أكثر دقة. وجهاز القياس النموذجي الذى يستعمل الطريقة الصفرية، هو مقياس الانفعال نوسلك المقاومة باستخدام دائرة قنطرة هويتستون (ارجع إلى الفقرة ٢ - الجزء ٦ - الفصل الثاني). - ويستخدم الفولتمتر والأميتر طريقة الانحراف .

[٢] البيان التناظري والرقمي Analogue and Digital Indication

تنقسم النظم التي تبين نتائج القياس وتنقلها كإشارات إلى أنظمة تناظرية لتحويلها إلى كميات طبيعية مستمرة كما في الشكل ١ - ٦، وأنظمة رقمية تجزئ القيم المقاسة إلى مقاسات معينة وتحويلها إلى مضاعفات لهذه المقاسات ثم تحويلها إلى قيم كما في الشكل ٦-٧



الشكل ٦ - ١ البيان التناظري



الشكل ١ - ٧ البيان الرقمي

وبالمقارنة مع النظام التناظري ، فإن النظام الرقمي يتميز بالخصائص التالية
هذا، وقد انتشر استخدامه ، حديثاً ، بالرغم من تعقد المعدات ، بشكل عام .

(١) يتم التعبير عن النظام الرقمي بالأرقام، ويمكن قراءة القيم المقاسة بسرعة
وبأخطاء قراءة قليلة .

(٢) يعتبر مناسباً لعمليات التخزين والتسجيل وإجراء العمليات الحسابية بالإضافة
إلى بيان القيم المقاسة .

(٣) يمكن تغيير وحدات البيان بسهولة بتغيير حجم المقسوم عليه .

(٤) بخلاف أجهزة القياس التناظرية والتي تستخدم انحراف ابرة المؤشر للبيان فإن
في الأجهزة لرقمية يصعب تحديد اتجاهات التغيير في القيم المقاسة بالحدس

وتسمى عملية تحويل الكميات التناظرية إلى كميات رقمية بعملية تحويل تناظري رقمي (ADC) - (ارجع إلى الفقرة ٩ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) .

١-٢ خط القياس Measurement Errors

١-٢-١ الأخطاء Errors

بغض النظر عن الطريقة المستخدمة أو الجهاز المستخدم للقياس ، فإنه يوجد دائماً فرق بين القيمة التي حصلنا عليها من القياس (القيمة المقاسة) والقيمة الصحيحة للكمية المقاسة (القيمة الحقيقية)، على الرغم من اختلاف حجم الفرق باختلاف الحالة .
والقيمة التي نحصل عليها بطرح القيمة الحقيقية من القيمة المقاسة تسمى «الخطأ» .
ويمكن أن تكتب كما يلي :

$$\text{الخطأ} = (\text{القيمة المقاسة}) - (\text{القيمة الحقيقية}) \quad (1-1)$$

أما القيمة الحقيقية فيمكن قياسها بصعوبة بصرف النظر عن درجة دقة الجهاز .

* فمثلاً يمكن قياس فيم عددية أقل من 0.1 مم باستخدام العين فقط ذلك لو استخدمنا مسطرة طول جرس القياس بها 0.1 مم أما القيمة العددية الأقل من 0.05 مم يمكن قياسها بالعين فقط لو استخدمنا الميكرومتر .

والقيمة الحقيقية هي القيمة التي يمكن أخذها ذهب في الاعتبار، ولا يمكن الحصول عليها في الواقع .

و نظر لأن القيمة الحقيقية لجزء مطلوب قياسه تكون غير معروفة ، لذا لا يمكن تحديد القيمة الحقيقية للخط . ومع ذلك ، قد يكون الخطأ في حدود قيمة معينة، ويمكن تحديده

بناءً على جهاز القياس المستخدم وعلى القيمة المقاسة. ولهذا السبب، يقال إن القيمة الحقيقية توجد بين قيم معينة .

ويمكن تقليل الأخطاء إذا تم قياس أطوال الأجزاء باستخدام أجهزة قياس دقيقة .
ولاتعنى الأخطاء الصغيرة دقة أكثر في القياس .

* وكمثال ، لا يمكن قياس المسافة بين طوكيو وأوساكا بخطأ أقل من 1مم. ومع ذلك، يمكن قياس جزء طوله 1سم تقريباً بخطأ أقل من 0.01 مم باستخدام ميكرومتر

كما أنه ليس منطقياً أن نقرر ما إذا كان القياس صحيحاً أو لا ، عندما يكون الخطأ كبيراً أو صغيراً فقط .

وعلى ذلك تؤخذ النسبة بين الخطأ والقيمة الحقيقية في الاعتبار ، وهذه تسمى نسبة الخطأ

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{الخطأ}}{\text{القيمة الحقيقية}} \quad (1-2)$$

* وكما علمنا سابقاً ، يمكننا أن نعرف أن الخطأ يكون في حدود قيمة معينة، وأن القيمة الحقيقية يمكن الحصول عليها بالتقريب من القيمة المقاسة . وتحسب نسبة الخطأ منها .

وتسمى القيمة التي تعبر عن نسبة الخطأ بالنسبة للمائة، بالنسبة المئوية للخطأ. وفي حالة التأكد من عدم الخلط بينهما ، يمكن تسمية النسبة المئوية للخطأ بنسبة الخطأ. وفي الحقيقة ، يستخدم التعبير « نسبة الخطأ...% » ، غالباً .

٢-٢-١ تصنيف الأخطاء Classification of Errors

تنتج الأخطاء من تراكم أسباب متداخلة . وعموماً يمكن تصنيف الأخطاء كما في الشكل ١ - ٨ ، تبعاً لأسباب حدوثها وخصائص كل منها .

وتستخدم الطرق التالية للتغلب على الأخطاء المختلفة .

ويمكن اكتشاف الفلطات بسهولة إذا تم تسجيل القيم المقاسة وإدخالها في رسم بياني

ويمكن تقسيم الأخطاء النظامية إلى أخطاء نظرية ، و أخطاء خاصة بأجهزة القياس ، وأخطاء شخصية . كما يمكن تصحيح هذه الأخطاء باتباع الطرق التالية للحصول على قيم أقرب ما يمكن إلى القيم الحقيقية .

تصحح الأخطاء النظرية بواسطة الحسابات النظرية . ويمكن تصحيح الأخطاء الخاصة بأجهزة القياس ، باستخدام أجهزة قياس ذات أخطاء صغيرة. ويعرف تصحيح أجهزة القياس بالمعايرة . وعموماً ، فإن الأخطاء الشخصية هي أقلها . فمثلاً عند القراءة بالقرب من 0.5 على المقياس ، يكون الخطأ أقل من القراءة بالقرب من 0.2 أو 0.8 ، ويمكن تقليل الأخطاء الشخصية باستخدام المهارة في القياس . وعلى هذا ، فقد وجد من الخبرة ، أن النتائج تكون أفضل عندما يقوم عدة أشخاص بقياس الجزء نفسه .

(٢) يتكرر حدوث الأخطاء العرضية الصغيرة أكثر من الأخطاء العرضية الكبيرة .

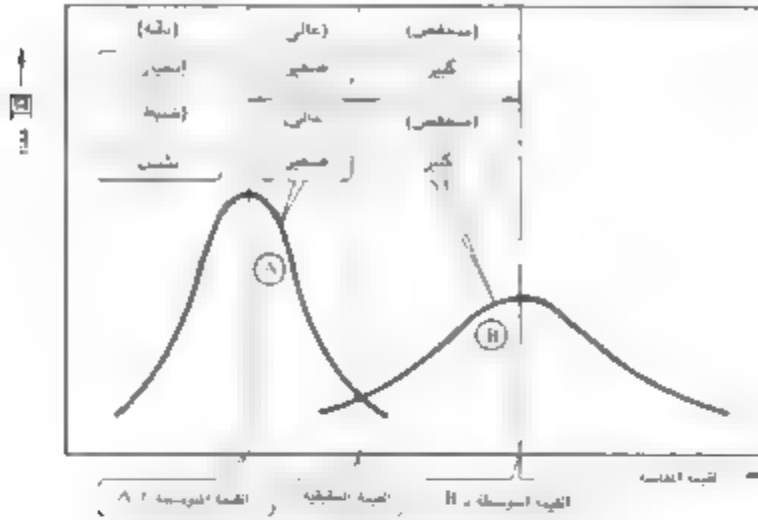
(٣) تحدث الأخطاء العرضية الموجبة والسالبة ذات الحجم الواحد بالتساوى تقريباً .

وعلى ذلك ، يتم تقليل الأخطاء العرضية بالتعامل معها إحصائياً ، مثل حساب القيم المتوسطة للقيم المقاسة (ارجع إلى الفقرة ١ - الجزء ٤ - الفصل الأول) .

١ - ٣ أداء أجهزة القياس Performance of Measuring Instruments

١ - ٣ - ١ دقة أجهزة القياس Accuracy of Measuring Instruments

تبين للمنحنيت B, A في شكل ١ - ٩ قياس سرعة الدوران بواسطة جهازي قياس B, A تحت نفس الظروف في هذه الحالة، يتشتت المنحنى A بدرجة أقل بتأثير من قيم المقاسة وشكله المخروطي يكون أكثر حدة . وتسمى درجة تشتت القيم المقاسة بالضبط ويعبر عنها بـ « الضبط عالي أو منخفض » . تسمى القيمة التي حصل عليها بواسطة طرح القيمة الحقيقية من القيمة المتوسطة للقيم المقاسة بالإنحياز . تسمى الدرجة ذات الإنحياز الصغير ساذفه ويعبر عنها بـ « دقة عالية » أو منخفضة « من شكل ١ - ٩ للمنحنى A إنحياز أقل ودقة أعلى من المنحنى B .



الشكل ١ - ٩ الضبط والدقة

وضبط أجهزة القياس هو تقدير كلى يدمج ما بين دقة وضبط نتائج القياس - ويتم التعبير عنه عامة، بأنه القيمة القصوى للأخطاء أو نسب الخطأ للقيم المقاسة، التى نحصل عليها عندما تكون أجهزة القياس فى أفضل حالاتها -

* وعلى سبيل المثال ، تتم معايرة الميكرومتر بواسطة قالب قياس معياري، ويتم ضبط جهاز القياس فى حدود ± 0.01 مم ، إذا كانت الأخطاء القصوى على الجانب + والجانب - هي $0.01+$ مم ، - 0.01 مم فى المدى من صفر إلى 25 مم .

وإذا اختلفت القيم القصوى للأخطاء على الجانبين + ، - ، يتم التعبير عن القيم القصوى بشكل منفصل ، أو تؤخذ القيمة الأكبر .

وبشكل عام ، يتم تصنيع أجهزة القياس بحيث تصبح الأخطاء على الجانبين + ، -

متساوية . ومع ذلك ، يقل ضبط أجهزة القياس تدريجيا نتيجة تآكل الأجزاء أو لأسباب أخرى ، عندما تستخدم الأجهزة لمدة طويلة

١-٣-٢ حساسية أجهزة القياس Sensitivity of Measuring Instruments

تُعرف الحساسية بأنها التغيرات في مستوى الإحساس بالكميات المقاسة عن طريق أجهزة القياس ويعبر عنها باستخدام معامل الحساسية أو متغيرات أخرى

ويحسب معامل الحساسية باستخدام المعادلة التالية

$$\text{معامل الحساسية} = \frac{\text{التغيرات في الكمية المبينة}}{\text{التغيرات في الكمية المقاسة}} \quad (1-3)$$

* وعلى سبيل المثال، إذا تغيرت إبرة المبين 3 مم ، عندما تتغير الكمية المقاسة 0.01 عن طريق محوّل (ترانسفورمر) فرقي ميكرومتر كهربائي (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) ، سيكون معامل الحساسية

$$300 = \frac{3 \text{ مم}}{0.01 \text{ مم}}$$

ويمكن لتعبير عن الحساسية بقيمة أصغر جزء على أجهزة القياس (أي مقدار الكمية المقاسة لمؤشر لقراءة المؤشر عند خطوط العواصل المبينة على أجهزة القياس) لأجهزة القياس.

* في لمقياس القرصي ذي أحراء مقياس تساوى 0.01 مم ، يقال أن له حساسية تساوى 0.01 مم ، على سبيل المثال .

وتكون الحساسية عالية عندما تكون أجزاء المقياس أصغر. والمقياس القرصى المدرج تكون فترات المقياس فيه أصغر، عندما يكون طول إبرة المبين أطول. ويمكن أن تزيد الحساسية إلى أى درجة بتقليل فترات المقياس .

١-٣-٣ العلاقة بين الدقة والحساسية

يجب أن تُستخدم أجهزة قياس ذات حساسية جيدة لقياس الأجزاء بدقة. وليس من الضروري أن تكون أجهزة القياس ذات الحساسية الجيدة ذات دقة جيدة .

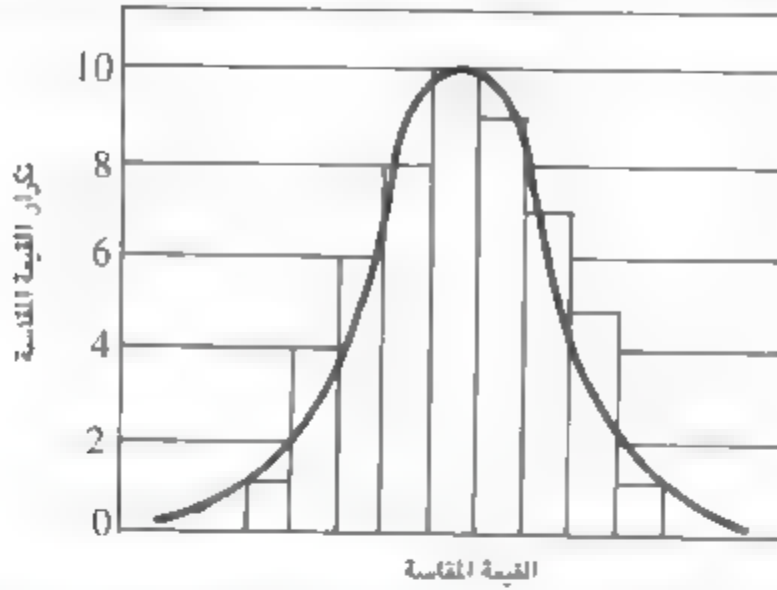
وعلى سبيل المثال ، إذا كانت الحساسية ليست بالضرورة عالية بالمقارنة مع دقة جهاز القياس ، تنحرف إبرة المبين بدرجة كبيرة مسببة عدم استقرار البيان ، وتتشتت القيم المقاسة بشدة . ويصبح مدى القياس ضيقاً، ويكون جهاز القياس صعباً . ولذلك ، يجب أن يكون لأجهزة القياس حساسية تناسب دقتها .

١-٤ معالجة القيم ، المقاسة Treatment of Measured Values

١-٤-١ القيمة المتوسطة والانحراف المعياري

Mean Value and Standard Deviation

يمكن حساب القيم الأكثر دقة من القيم المقاسة ذات التشتتات (الانتشار) كما في الشكل ١ - ١٠ . عن طريق حساب القيم المتوسطة للأخطاء العرضية



الشكل ١- ١٠ التشتت (الانتشار) Dispersion في القيمة المقاسة

فإذا كانت القيم المقاسة X_1, X_2, \dots, X_n ، وكان عدد هذه القيم هو n ، فإنه يمكن التعبير عن القيمة المتوسطة \bar{X} باستخدام المعادلة التالية

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1-4)$$

وينسنت القيم المقاسة X_1, X_2, \dots, X_n على الجانب الأيمن و الأيسر للقيمة المتوسطة، ويستخدم الانحراف المعياري كمعيار لدرجة التشتت. فإذا كان الانحراف المعياري صغيراً، تكون الأخطاء العرضية صغيرة

ويحسب الانحراف المعياري σ بالمعادلة التالية

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \end{aligned} \quad (1-5)$$

١-٤-٢ الرقم المعنوي Significant Digit

يعبر بشكل عام، عن القيم المقاسة بقيم عددية . غير أن معاني التعبير عن القيم المقاسة بالقيم العددية والقيم العددية الرياضية تختلف .

* فعلى سبيل المثال، فإن القيمة العددية 12.5 تعنى رياضياً القيمة 12.5000 .، إلا أنه ، إذا كانت القيمة المقاسة \checkmark ، والتي تم الحصول عليها من قراءة القيمة العددية الأقل من 1 مم ، بالعين ، هي 12.5 مم (لطول جزء ما) باستخدام مقياس حطي بتدريج 1 مم ، فإن المعنى الذي تعبر عنه \checkmark هو أن 12.55 مم $\checkmark < \leq$ 12.45 مم .

وإذا كانت القيمة المقاسة \checkmark ، التي تم قياسها باستخدام جهاز قياس ، خر هي 12.50 مم ، فإن المعنى الذي تعبر عنه \checkmark هو أن 15.505 مم $\checkmark < \leq$ 12.495 مم .

وكما هو مذكور أعلاه ، فإن الأماكن الأخيرة للأرقام «5» و «0» (صفر)، في القيم 12.5 و 12.50 تحتوي أخطاء ، ولكن لها بعض المعاني . وبالنسبة للقيم العددية التي تعبر عن القيم المقاسة، يكون للأعداد، باستثناء الصفر، معنى يبين الوضع، وتسمى الأرقام المعنوية .

* ويكون عدد الأرقام المعنوية في العدد «12.5» هو ثلاثة أماكن (خانات)، بينما في العدد «12.50» هو أربعة . ويكون عدد الأرقام المعنوية ثلاثة إذا ما كتبنا العدد 12.5 على صورة 0.0125 متر . بينما إذا كتب على صورة «12500 ميكرومتر» ، فيكون عدد الأرقام المعنوية خمسة . وإذا كان عدد الأرقام المعنوية ثلاثة أماكن (خانات) . يجب أن يكتب 125×10^2 ميكرومتر أو 1.25×10^4 ميكرومتر .

تمرين ١

ما هو عدد حانات الأرقام المعنوية للقيم المقاسة التالية ؟

2.50×10^4 (٣)	50.00 (٢)	987 (١)
	0.00164 (٥)	0.1005 (٤)

تمرين ٢

بين مدى القيم المقاسة التالية .

120 (٣)	1.340 (٢)	12.543 (١)
	0.01050 (٥)	0.023 (٤)

تمرين ٣

اكتب القيم المقاسة التالية على شكل $N \times 10^n$ بعد وضع النقطة العشرية على يمين الأرقام المعنوية ذات الموضع الأول .

0.000000789 (٢)	0.00314 (١)
8350 (٤)	12.3×10^{-3} (٣)

١-٤-٢ حسابات الجمع والطرح

Addition and Subtraction Calculations

عندما تجمع وتطرح القيم المقاسة في العمليات الحسابية ، احسب إلى مكان واحد تحت آخر موضع للقيمة المقاسة ذات الخطأ الأكبر . ثم اعمل تقريب للمكان الأخير .

* وكمثال، في العملية الحسابية

$$184 + 152.6 - 1.478 = 335.122$$

في حساب القيم المقاسة ، يكون الموضع الأخير للقيمة المقاسة 184، ذات الخطأ الأكبر، هو موضع حانة الأحاد، ويتم تقريب القيمة المقاسة الأخرى بحيث يصبح آخر مكان لها هو أول موضع تحت خانة العشري، ثم يتم القيام بعمل حسابات الجمع والطرح كما يلي

$$335 = 335.1 = 1.5 - 152.6 + 184$$

وعلى ذلك ، تصبح القياسات مثالية بإنتقاء جهاز قياس يعطى القيم المقاسة بعد ضبط مكان الموضع الأخير، عند الحاجة إلى حسابات جمع وطرح .

تمرين ٤

إذا تم وضع جزء تزن كتلته 59.5 كجم في صندوق كرتون
يوزن 1.234 كجم ، ثم وضع في طائرة . ماهي الكتلة الكلية ؟
(الإجابة 60.7 كجم)

١-٤-٤ حسابات القسمة والضرب

Division and Multiplication Calculations

عند إجراء عمليات القسمة أو الضرب، يتم الحساب بحيث يصبح عدد أماكن الأرقام المعنوية أكبر بوحدة من عدد أماكن أقل قيمة عددية . وتضبط الأرقام المعنوية لنفس الدرجة بتقريب القيمة العددية للمكان .

* مثال هي العملية الحسابية الرياضية $12.3 \times 4.5 = 55.35$

في حسابات القيم المقاسة، تتغير هذه إلى:

$$12.3 \times 4.5 = 55.35 \approx 55$$

لتنضبط مع عدد أماكن 4.5 ، والتي لها أرقام معنوية ذات مكانين .

ومن الواضح أن عمليات القسمة والضرب لمكانين وأربعة من الأرقام المعنوية هي مضيعة للوقت ، ويتم تقريب القيمة العددية ذات الأربعة خانات لحساب الأرقام المعنوية ذات الخانتين وثلاثة خانات.

ويمكن التعبير عن العلاقة بين الأخطاء في حسابات الضرب، كما نعلمنا سابقاً، بالمعادلات التالية، بافتراض أن الخطأ في القيمة المقاسة a هو Δa ، وأن الخطأ في القيمة المقاسة b هو Δb ، وأن حاصل ضرب a ، b هو c ، وأن خطأ حاصل الضرب c هو Δc .

$$c + \Delta c = (a + \Delta a) \times (b + \Delta b)$$

وبافتراض أن $c = ab$ ، وبإهمال حاصل ضرب الكميات الصغيرة جداً Δa .

Δb ، يمكن الحصول على مايتى

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

وعلى ذلك فإن :

(١) نسبة الخطأ في نتائج الضرب تساوى مجموع نسب الخطأ للقيم المقاسة .

(٢) تقليل نسب الخطأ في نتائج الضرب لا يؤثر كثيراً، حتى في حالة تقليل نسبة

الخطأ لإحدى القيم المقاسة فقط .

(٢) تكون تأثيرات القياسات عالية ومرغوبة إذا ما وضعت نسب الخطأ للقيم المقاسة المختلفة في نفس الدرجة .

ويمكن تطبيق ماسبق على عمليات القسمة أيضاً .

تعيين ٥

احسب ما يأتى بافتراض أن القيم العددية التالية هي قيم مقاسة .

$$(١) \quad 2.62 + 3.716 + 482.6$$

$$(٢) \quad 24.6 \times 12.34$$

$$(٣) \quad 5.73 \div \pi \quad (\text{حيث } \pi \text{ هي } 3.14)$$

(الإجابة (١) 488.9 (٢) 304 (٣) 1.82)

عند قياس أطوال الأجزاء المراد قياسها باستخدام مسطرة ، تسمى طريقة الحصول على القيم المقاسة لهذه الأجزاء مباشرة باستخدام أجهزة قياس ، القياس المباشر وكما في حساب الحجم بقياس الطول ، فإن الطريقة المباشرة لقياس عدة كميات، ذات علاقات معينة مع الكميات المقاسة لاشتقاقها بالحسابات، تسمى بالقياس غير المباشر .

١-٤-٥ تقريب القيم Rounding of Values

في حالة الحصول على قيم مقاسة بقياسات غير مباشرة تستخدم حاسبة الكترونية أو وسائل أخرى أحياناً للتعامل مع القيم العددية، التى لها أماكن أكثر من اللازم ولتقريب القيم العددية إلى أرقام معنوية بعدد معين من الأماكن ، تستخدم الطريقة الموضحة فى الشكل ١ - ١١ .

☐ ☐ ☐ ☒ ☐

قرب العدو إلى أسفل إذا كان أقل من 4

قریب العدد الی اعلیٰ و اذا کان اکبر من او یساری 6
و اذا کان یساری 5 و ارقم الکتابی له لا یساری صفی

قريب الله الي اعلى رادا كان اكبر من او پيساي 6
رادا كان پيسوي 5 والريم الثاني 4 لا پيساي سفر

قريب العدد إلى أعلى، إذا كان أكبر من أو يساوي 6
وإذا كان يساوي 5 والرقم التالي له لا يساوي صفراً
مثال: 3.2468 ← 3.2451 3.25 ← 3.25

اتبع ما يلي : إذا كان العدد هو 5 والرقم الذي يليه هو صفر

- ١- قرب العدد إلى أسفل إذا كان العدد قبل الرقم زوجياً
- ٢- قرب العدد إلى أعلى إذا كان العدد قبل الرقم فردياً

اتبع ما يلي : إذا كان العدد هو 5 والرقم الذي يليه هو صفر

- ١- قرب العدد إلى أسفل إذا كان العدد قبل الرقم زوجياً
- ٢- قرب العدد إلى أعلى إذا كان العدد قبل الرقم فردياً

اتبع ما يلي : إذا كان العدد هو 5 والرقم الذي يليه هو صفر

- ١- قرب العدد إلى أسفل إذا كان العدد قبل الرقم زوجياً
- ٢- قرب العدد إلى أعلى إذا كان العدد قبل الرقم فردياً

1- حاله .. 134<----- 13450 مان

2- حاله . . 524< 5,2350

1- حاله .. 134<----- 13450 مان

2- حاله . . 524< 5,2350

الإيمان بالله
الأنطوني

اربع الي 8401 1961

الشكل ١ - ١١ تقريب القيم العددية Numerical Values

تمريعات

- ١ - هاء أمثلة للطريقة الصفرية وطريقة الانحراف للقياس واهرح خصائصهما.
- ٢ - هاء أمثلة ل طرق القياس التناظرية والرقمية واهرح خصائصهما.
- ٣ - اءسب نسب الخطأ فى النسب التالية . وأى طريقة منها لها دقة قياس أكبر؟
(١) قياس طول تلميذ هو 165 ± 0.5 سم .
(٢) قياس مسافة جري للمعب رياضى 100 ± 0.05 م .
(الإجابة : $\pm 0.3\%$ ، $\pm 0.05\%$)
- ٤ - تم محاولة بناء عمود بقطر 30.00 مم. ولكن القطر أصبح 29.98 مم على الطبيعة ماهو الخطأ ونسبة الخطأ لهذا العمود؟
(الإجابة : - 0.02 مم ، - 0.07%)
- ٥ - إذا استخدم 3.14 للتعبير عن الثابت الدائرى π ، فما هي نسبة الخطأ ؟
$$3.1415926356 = \pi$$

(الإجابة : - 0.05% ، أى - 1/20 %)
- ٦ - اذكر أنواع الأخطاء واهرح أسباب حدوثها .
- ٧ - عرف الحساسية والدقة لأجهزة القياس واهرحهما باختصار .
- ٨ - اشرح المزايا والعيوب عند زيادة حساسية أجهزة القياس .
- ٩ - اشرح خصائص الأخطاء العرضية .

الفصل الثاني

استخدام أجهزة قياس الطول INSTRUMENTATION OF LENGTH

٢-١ وحدات الأطوال ومعاييرها

Units of Lengths and their Criteria

المتر (ويرمز له بالرمز م) هو الوحدة الأساسية للأطوال . ولقد تم تعريفه منذ 200 سنة مضت ، وبعد ذلك تم وضع المتر القياسي الدولي . ومنذ ذلك الوقت ، تقدمت تقنية استخدام أجهزة القياس والتشغيل ، واستعمل معيار الموجة الضوئية للوصول إلى حدود الدقة ، حيث كان المعيار الأصلي هو المعيار الخطي (المقياس الخطي) وكذلك لتجنب التغيرات الناتجة مع الزمن ونتيجة للتقدم الحديث في تقنية الليزر ، فقد تقرر استعمال «سرعة الضوء في الفراغ \times الزمن» كمعيار للطول باستخدام الأطوال الموجية لأشعة الليزر ، التي تتفوق في الدقة ، والاتزان ، وإعادة إنتاجها كمعيار عملي (أنظر الشكل ٢ - ١) .

في المصانع الحالية ، لا يمكن قياس الأطوال عن طريق سرعات الضوء ، وتستعمل المعايير الخطية والطرفية المختلفة كمراجع ثانوية للأطوال .

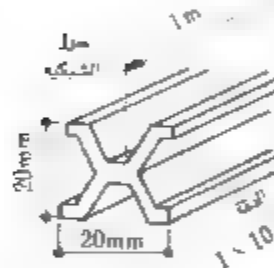
(١) المعيار الخطي Line Standard - يبين الأطوال القياسية عن طريق المسافات المحفورة بين شبكة خطوط على السطح .

(٢) المعيار الطرفي End Standard - يبين الأطوال القياسية والزوايا عن طريق المسافات أو المواضع بين حافتين .



(١) حمل حجم الأرض
قياس

إسحاق انتظام القصر
عام ١٧٩٢ (فرنسا)



(٢) متر قياسي دولي
تقدير تعريف المتر = ١٨٧٠
في عام ١٨٨٩ أُنشئت الدلائل
هذا التعريف

(٣) معيار موجة ضوء -
- طويلا يساوي 73 1650763 مرة كطول
موجة خط طيف برتقالي في الكريغ ، وينبعث
من ذرة كروم ^{86}Kr
- المؤتمر الدولي المادي على الموازين والمقاييس
١٩٦٦

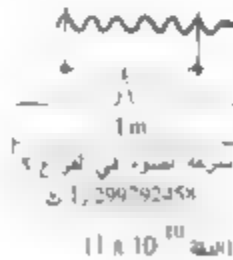


(٤) (٣ x 4 x 4) (٣ x 4 x 4)

مرجع سرعة الضوء

سرعة الضوء = الزمن

سماح سيرد



- المؤتمر الدولي السابع على الموازين والمقاييس ١٩٨٤
- سرعة الضوء هي 299 792 458 م / ث

الشكل ٢ - ١ معيار الطول

٢ - ١ - ١ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الخطي

Secondary Reference by Line Standard

تستعمل المقاييس المعيارية والقدمة ذات الورنية كأجهزة قياس بسيطة للأطوال بدقة جيدة نسبياً في المصانع .

[١] القدمة ذات الورنية Vernier Caliper

هي أحد أنواع قدمات القياس التي تستعمل لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية والأعماق ، وهي تستخدم بكثرة في المصانع وأماكن أخرى . وفي المواصفات الصناعية اليابانية (JIS) ، توجد الأنواع M (انظر الشكل ٢-٢) و CM . وهي ذات ورنية لقراءة كسور مقياس القدمة بدقة .

وبشكل عام ، تقوم الورنيات بتقسيم عدد $(n - 1)$ من فترات القياس على القدمة ، إلى n من الأقسام بالتساوي. ويبين الشكل ٢ - ٢ كيفية قراءة الورنية .

[٢] المقياس المعياري Standard Scale

المقياس المعياري له مقطع على شكل "H" (انظر الشكل ٢-٤) أو مستطيل. والمقياس المعياري عبارة عن مقياس خطي ذي دقة جيدة ، محفور مقياس على جانبه المتعادل ، وللقراءة ، يستعمل مجهر أو النوع الاسطواناني لتكبير المقياس ضوئياً .

فك للقياس الداخلي

مسمار إيقاف

العمود الرئيسي

المستوى المرجعي للضبيب العمق

ضبيب العمق

القياس 'الرئيسي'

خطاف
للأصبع

مقياس
الوزنية

مزانة

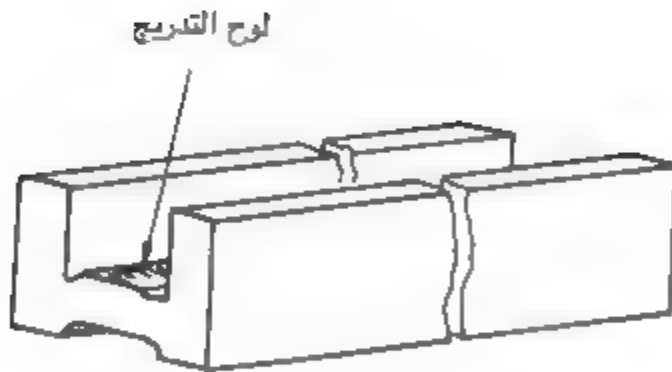
فك للقياس الخارجي

الشكل ٢-٢ مقدمة ذات وزن (النوع M) والأجزاء المختلفة



- 1- قراءة المقياس على العمود الرئيسي 51 mm ----->
- 2- قراءة القيمة على مقياس الورنية المناظر للمقياس الرئيسي 0.80 mm ----->
- 3- القيمة المقاسة 51.80 mm ----->

الشكل ٢-٢ طريقة قراءة القدم ذات الورنية



المادة مصنوعة أساساً من الصلب والمقياس المعيارى يستخدم في آلة قياس الطول الضوئية وهو مصنوع من الزجاج ويتقارب معامل التمدد الطولى له مع ذلك للصلب

الشكل ٢-٤ المقياس المعيارى

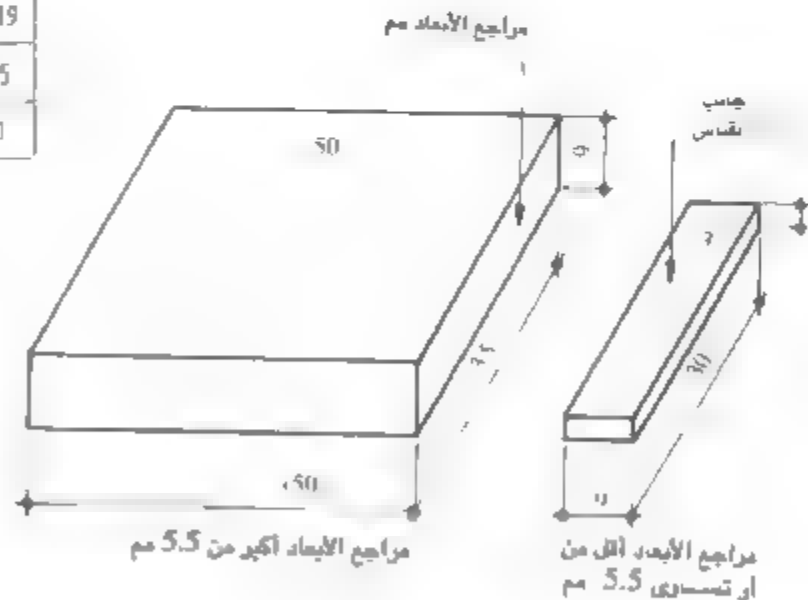
٢-١-٢ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الطرفي

Secondary Reference by End Standard

[١] قالب القياس المعياري Block Gauge

تستخدم قوالب القياس المعيارية في المصانع وأماكن أخرى كمرجع للأطوال ، وهي تصنع من الصلب المقسى وكما يتضح في الشكل ٢-٥ ، يكون جانب القياس على شكل مستطيل . والأحجام الاسمية هي الأطوال المختلفة وقد تم تجليخ وتحضين أسطح الحافتين اللتين تحددان البعد الاسمي.

العدد	مرحلة الأبعاد	مراجع الأبعاد [mm]
1	—	1 005
49	0.01	1.01, 1.02, ..., 1.49
49	0.5	0.5, 1.0, ..., 24.5
4	25	25, 50, 75, 100



الشكل ٢-٥ أشكال وأبعاد مجموعة من 103 قالب قياس معياري

وقد تم تشطيب التوازي والتسطح والمسافات بدرجة ضبط خاصة عالية. وكما في الجدول ١-٢ ، يقسم الـ JIS قوالب القياس المعيارية إلى أربع درجات ، وهذه الدرجات هي 0, 00, 1, 2 لتحديد درجة الضبط. وتستعمل الدرجة 00 أساسا كمراجع ، والدرجات 0, 1 لاختبار درجة الضبط وكذا ضبط المقاييس وأجهزة القياس، بينما تستخدم الدرجة 2 للفحص والتشغيل في المصانع .

تستعمل قوالب القياس المعيارية في تجميعات من 76, 103, 112 وأعداد أخرى لتناسب الاستخدامات المختلفة ويمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بجعل حافاتها في تلامس محكم . وعلى ذلك ، يمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بطرق مختلفة للحصول على عدد كبير جدا من مراجع الأبعاد .

* يمكن أن تعطي مجموعة من 103 قالب قياس معياري مراجع أبعاد لأي أطوال بين 2 مم و 900 مم تقريبا على فترات مقدارها 0.005 مم .

ويمكن أن تستعمل قوالب القياس المعيارية بالتجميع مع الأجهزة المساعدة المختلفة في تحديد المواضع وتخطيط الأبعاد بواسطة معدات قياس درجة الضبط ، وكذلك في تصحيح واختبار أجهزة القياس، وفي فحص المنتجات، وكمقاييس طرفية باستخدام الأجهزة المكتملة لها. ويمكن أن تستخدم في تطبيقات واسعة جداً .

A تفاوت الأبعاد (+)
(أكبر من 100 يحذف)

B تفاوت التوازي
(الوحدة : ميكرومتر)

الدرجة 2		الدرجة 1		الدرجة 0		الدرجة 00		الدرجة	المراجع البعيدة مع
A	B	A	B	A	B	A	B		
± 0.45	0.30	+ 0.20	0.16	± 0.12	0.10	± 0.06	0.05	من 0.5 إلى 10	
± 0.60	0.30	± 0.30	0.16	± 0.14	0.10	± 0.07	0.05	من 10 إلى 25	
± 0.80	0.30	± 0.40	0.18	± 0.20	0.10	± 0.10	0.06	من 25 إلى 50	
± 1.00	0.35	+ 0.50	0.18	± 0.25	0.12	± 0.12	0.06	من 50 إلى 75	
± 1.20	0.35	+ 0.60	0.20	± 0.30	0.12	± 0.14	0.07	من 75 إلى 100	

(راجع إلى JIS B 7506 - 1978

المجلد ١-٢ تفاوتات الأبعاد والتوازي لقوالب القياس المعيارية

تمرين ١

كُون البعد 61.025 مم باستخدام مجموعة الـ 103 قالب قياس معياري .
(قم بعملية التجميع بأقل عدد من قوالب القياس المعيارية بالتتالي، بدءاً بأعداد
الأماكن الأقل)

٢-٢ الأخطاء في قياس الطول

لقد تعلمنا مما سبق ، أن الأخطاء تحدث عندما تتداخل أسباب مختلفة . ويمكن تقليل
الأخطاء بتفهم أسباب حدوثها وخصائصها وينطبق هذا على قياس الأطوال أيضاً

١-٢-٢ أخطاء أجهزة القياس

[١] تأثيرات الحرارة Effects by Temperature

يتأثر قياس الطول كثيراً بدرجة الحرارة أثناء القياس ويجب أن تتم مراقبة درجة
الحرارة بعناية واهتمام .

فتتعدد الأجسام أو تنكمش على حسب التغيرات في درجة الحرارة . وبفرض أن
التغير في درجة الحرارة هو Δt ، وأن استطالة الجزء ذي الطول l هو Δl ، وأن معامل
التمدد الطولي هو α ، يمكن التعبير عن الاستطالة بالمعادلة التالية .

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (2-1)$$

وتحدد الـ JIS درجات الحرارة القياسية بـ 20°C ، 23°C و 25°C ، وعادة يفضل
إعداد عرفة خاصة ذات درجة حرارة معيارية لاستخدامها في عمليات القياس بدرجة دقة
جيدة .

* ويمكن ضبط درجة حرارة ورطوبة الغرفة لتكون ثابتة أوتوماتيكياً، تبعاً للحالة القياسية .

[تعين الـ JIS Z 8703 - 1983، الحالة القياسية كما يلي درجة الحرارة القياسية 20 °م، 23 °م، 25 °م، والرطوبة القياسية بـ 50 أو 65٪ ، والضغط الجوي لقياسي بـ 86 kPa (0.849 جوي) أو أعلى و 106 kPa (1.046 جوي) أو أقل].

ويمكن حساب طول الجزء l_s المطلوب قياسه عند درجة الحرارة القياسية باستعمال المعادلة التالية، إذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري أو الجزء المطلوب قياسه ليست هي درجة الحرارة القياسية (بافتراض أنها t_0 درجة مئوية).

$$l_s = l \{ 1 + \alpha_s (t_s - t_0) + \alpha (t - t_0) \}$$

حيث α_s معامل التمدد الطولي للمقياس المعياري [10^{-6} م°] .

α معامل التمدد الطولي للجزء المطلوب قياسه [10^{-6} م°] .

t_0 درجة الحرارة القياسية (20 °م، 23 °م، 25 °م) .

l : طول الجزء المطلوب قياسه عند t [م°] .

t_s : درجة حرارة المقياس المعياري [م°] .

t : درجة حرارة الجزء المطلوب قياسه [م°] .

وفي حالة تساوي معاملي التمدد الطولي للمقياس المعياري والجزء المطلوب قياسه ستكون النتيجة $l_s = l$ ، ولن يحدث خطأ نتيجة درجة الحرارة، عند إجراء القياسات عند نفس درجة الحرارة ، حتى ولو لم تجر القياسات عند درجة حرارة قياسية. وعلى ذلك ،

يجب أن يكون المقياس المعياري الذي يستخدم مع جهاز القياس مصنوعاً من مادة لها معامل تمدد طولي يساوي مثيله للجزء المطلوب قياسه ، بقدر الإمكان .

تمرين ٢

عند استخدام قوالب قياس معيارية ذات بعد إسمي 100مم
(معامل التمدد الطولي هو $11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{م}^{-1}$) ، زادت درجة
الحرارة من 20°م إلى 25°م نتيجة حرارة اليد . ماهو البعد الجديد ؟
(الإجابة : 100.00575مم)

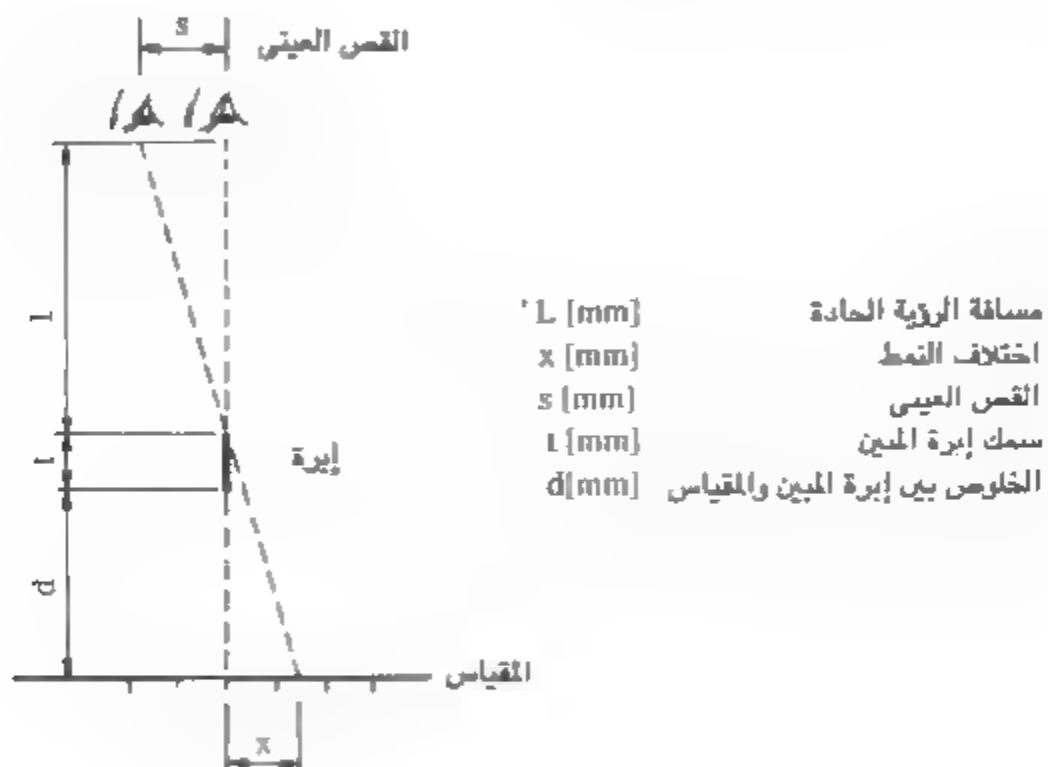
[٢] الفرق التخلفي Hysteresis Difference

أحيانا تختلف القيمة المقاسة من الوقت الذي تم فيه تحريك عنصر القياس في اتجاه زيادة قراءة المقياس (ذهاب) إلى الوقت الذي تم فيه تحريك عنصر القياس في اتجاه تناقص قراءة المقياس (إياب/ عودة/ رجوع) في حالة قياس نفس الجزء وتنتج أسباب الفرق التخلفي من احتكاك الأجزاء المتحركة ، والمسافة الارتجاعية (الخلوص الصغير بين العناصر المتوافقة لتجعل دوران العجلات المسننة والمسامير المسننة ... الخ ، ناعماً) للعجلات المسننة أو المسامير المسننة .

[٣] اختلاف المنظر Parallax

تحدث أخطاء القراءة أحيانا تبعاً لوضع العين عند الحصول على القيم المقاسة من الكميات المتحركة لإبرة المبين ، التي تتحرك على قرص المقياس. يسمى هذا اختلاف المنظر

، وينتج بسبب عدم وجود المقياس وإبرة المبين على نفس المستوى، كما في الشكل ٦-٢ .
وتستعمل طرق متعددة لتحاشي اختلاف المنظر. وعلى سبيل المثال ، إحدى الطرق
المستخدمة لقراءة المقياس هو أن تقرأ في موضع ، بحيث تكون إبرة المبين وصورتها
لمسقطه على مرآة متطابقتين، (باستخدام مرآة) .



الشكل ٦-٢ اختلاف المنظر

* يبين الشكل ٦-٢ العلاقة بين القص العيني واختلاف المنظر. ويمكن التعبير عن
اختلاف المنظر X (مم) بالمعادلة التالية :

$$X = \frac{s (t + d)}{L} \quad (2-3)$$

تمرين ٢

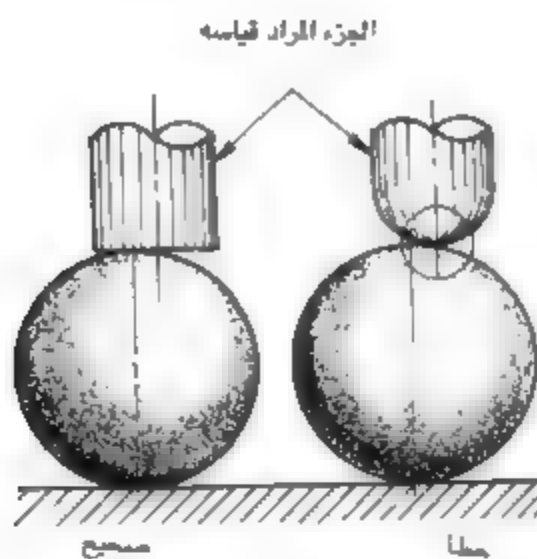
ما هو خطأ اختلاف المنظر، بافتراض أن سمك (ثخانة) إبرة المبين هو 0.5 مم، والخلوص بين إبرة المبين والمقياس هو 1 مم، والقصر العينى يساوى 15 مم، ومسافة الرؤية الحادة هي 250 مم، كما في الشكل ٦-٢.

(الإجابة : 0.09 مم)

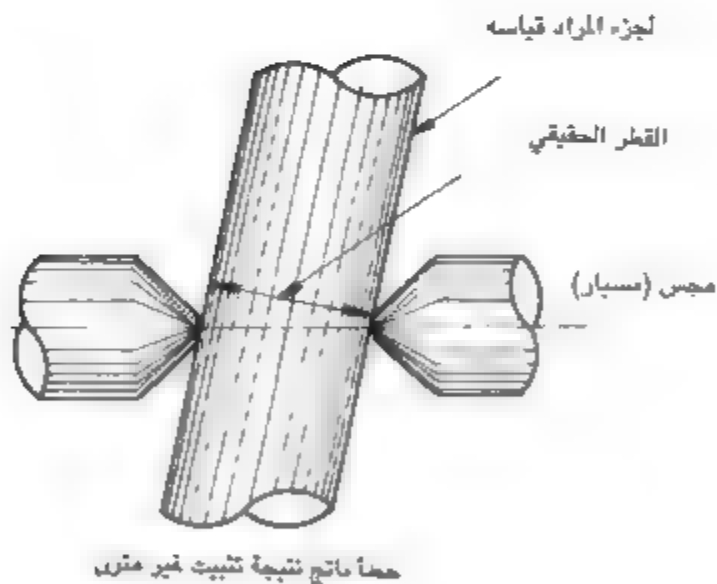
٢-٢-٢ أخطاء أجهزة القياس والأجزاء التى يتم قياسها

[١] أخطاء التلامس Contact Errors

تحدث أخطاء التلامس إذا كان شكل عنصر القياس لا يناسب شكل الجزء المطلوب قياسه، كما في الشكل ٧-٢، أو إذا كان مسند الجزء المطلوب قياسه ضعيفاً أو غير مستقر، حتى لو كان شكل عنصر القياس مناسباً كما في الشكل ٨-٢. ويستخدم عنصر قياس ذو حافة مسطحة إذا كان شكل الجزء المطلوب قياسه كروياً، ويستخدم عنصر قياس ذو حافة سكية إذا كان اسطوانياً، بينما يستخدم عنصر قياس ذو حافة كروية إذا كان مسطحاً، ويمكن تحاشي أخطاء التلامس.



الشكل ٧-٢ قياس قطر كرة



الشكل ٨-٢ قياس قطر اسطوانة

[٢] تأثيرات قوة القياس Effects of Measuring Force

بشكل عام ، يتم تثبيت الجزء المطلوب قياسه بين نهاية ثابتة ونهاية متحركة (عنصر قياس) لجهاز القياس ، ويقاس الطول عن طريق مقدار إزاحة النهاية المتحركة . وعلى ذلك ، يجب استخدام قوة على عنصر القياس لضمان تلامس الجزء المطلوب قياسه وعنصر القياس . تسمى هذه القوة قوة القياس أو ضغط القياس . وتعمل قوة القياس التي تؤثر على عنصر القياس ، حتى ولو كانت صغيرة جداً ، كضغط كبير على نقطة التلامس لأن مساحة التلامس بين عنصر القياس والجزء المطلوب قياسه صغيرة جداً . ولهذا السبب ، يحدث تشوه مرن موضعي على مستويي التلامس ، وتكون القيمة المقاسة أقل من البعد الحقيقي ، (انظر الشكل ٢-٩) .

تمرين ٤

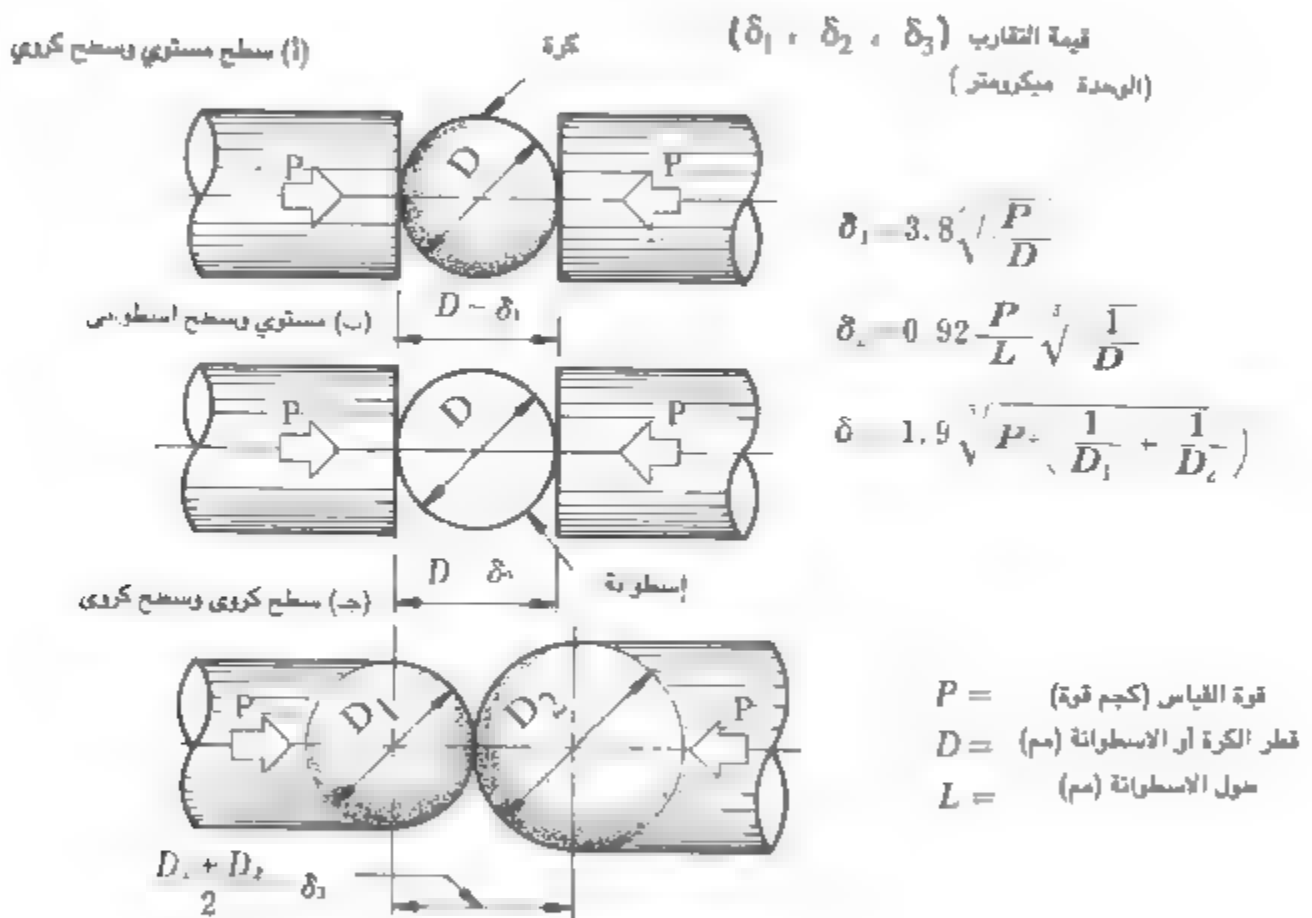
ماهي قيمة التقارب الناتج من التشوه المرن للكرة عند وضع كرة قطرها 15 مم بين مستويين وعندما يكون ضغط القياس المستخدم 2.5 كجم قوة؟

(الإجابة : 2.8 ميكرومتر)

[٣] التشوه الناتج من حمل ساكن (ثقل) Deformation by Dead Load

عند تثبيت جزء طويل سلبياً أو معيار على نقطتين عن طريق حواف سكين أو سطوانات ، ينحني الجزء أو المعيار بسبب الحمل الساكن ، إذا كانت طريقة التثبيت غير

مناسبة ، وهذا يسبب خطأ . ولذا يتم تثبيت الجزء أو المعيار في وضع ، مثل ذلك بين نقطتي
بسيل وإيري (كما في الشكل ٢-١٠) ، لتقليل هذه الأخطاء .



الشكل ٢-٩ مقدار التقارب بواسطة تشوه مرن

نقطة يسمل كمقياس معياري ، في حالة تثبيت معيار خطي مع مقياس على المستوى المتقابل ، تكون نقطة سمل هي موضع نقطة

الارتكاز - 02203 - a

فان

لكن

أما

فان

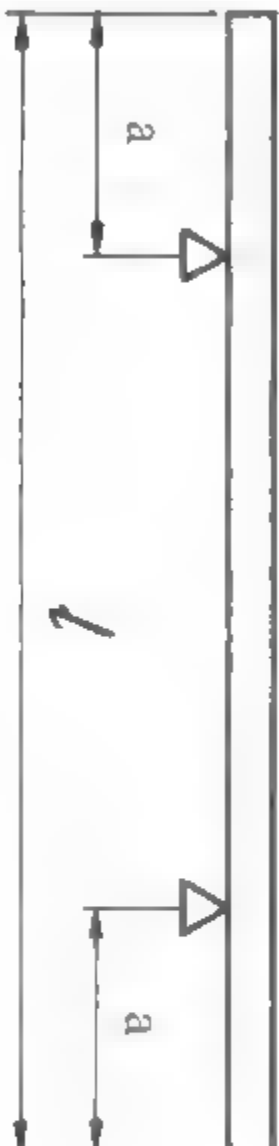
فان

فان

نقطة إيدي كقالب قياس معياري أو مقياس قضيبى عند تثبيت مقياس دي طرف مترية أفقياً تكون نقطة إيدي هي موضع نقطة

الارتكاز ، حيث يصبح الطرفان رأسيين . $a = 0.2113$

• المقياس هو المقياس الذي بين المسافة بين سطحي الحافتين اللتين تقعان سطح قياس



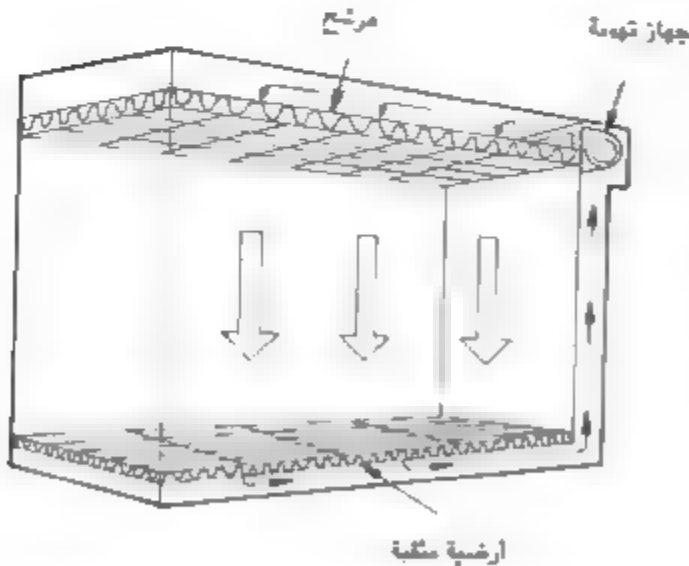
الشكل ٢-١ نقطة يسمل ونقطة إيدي

تمرين ٥

عند أي نقطة يجب تثبيت المعيار والمقياس عند قياس طول باستخدام مقياس عياري ومقياس قضيب طوله 0.5 متر ؟
(الإجابة : 110.15 ، 105.65 مم من كلتا النهايتين)

٢ - ٢ - ٢ التأثيرات الأخرى

تؤثر الذرات الدقيقة والعضوية في الهواء تأثيراً عكسياً على استخدام أجهزة لقياس في الصداغات الدقيقة ، وفي الاختبارات والفحوصات في عمليات التصنيع لمكونات الالكترونية ، والأدوية ، ولأغذية وفي صناعات أخرى، وفي المستشفيات ومعمل الأبحاث . وتتطلب هذه الأماكن أجواءً محيطة نظيفة. وعلى ذلك ، نستخدم الغرف المكيفة الهواء (غرف نظيفة) المجهزة بمرشحات هواء خاصة لهذه الأغراض ، (انظر الشكل ٢ - ١١) .



يسرع الهواء استظيف من المساحة ٣٠ مم
تجسمه خلال ١٠ - ١٥ في أكثر الحالات
بغضه ١٠٠ ميكرون (X) أو أقل من الجسيمات
ذات قطر أكبر من أو يساوي ٥ (٥) ميكرومتر
في القدم المكعب
١ قدم = 48 30 سم
(المواصفات الوطنية الأمريكية)

الشكل ٢-١١ غرفة نظيفة

٢ ٣ استخدام أجهزة القياس الميكانيكية

Mechanical Instrumentation

تقاس الأطوال بمقارنة الطول المطلوب قياسه مع طول مرجعي (وحدة طول) وتحديد عدد وحدات الطول فيها . وفي هذه الحالة ، كثيراً ما تجرى المقارنة بالتكبير أو التصغير إلى الدرجة المناسبة (درجة التكبير والتصغير) للنظر بدون مقارنة الطول المطلوب قياسه مباشرة .

٢ - ٣ - ١ استخدام المسامير المسننة والعجلات المسننة

Utilization of Screws and Toothed Wheels

[١] الميكرومتر Micrometer

يحول الميكرومتر الإزاحة الخطية إلى زاوية دوران باستعمال مسدس مسنن ، ويضخمها . يتحرك المسدس خطوة واحدة خلال لفة واحدة ، وتقدر قيمة الحركة (مم) له بالمعادلة التالية .

$$\delta = \frac{P\theta}{360} \quad (2-4)$$

حيث P : خطوة المسدس (مم) .

θ : زاوية الدوران (درجة) .

ولذلك ، تكون حركة نصف القطر r (مم) على اسطوانة هي $2\pi r$ لكل لفة من حركة خطوة واحدة للمسدس . ويمكن التعبير عن نسبة التكبير بالمعادلة الآتية

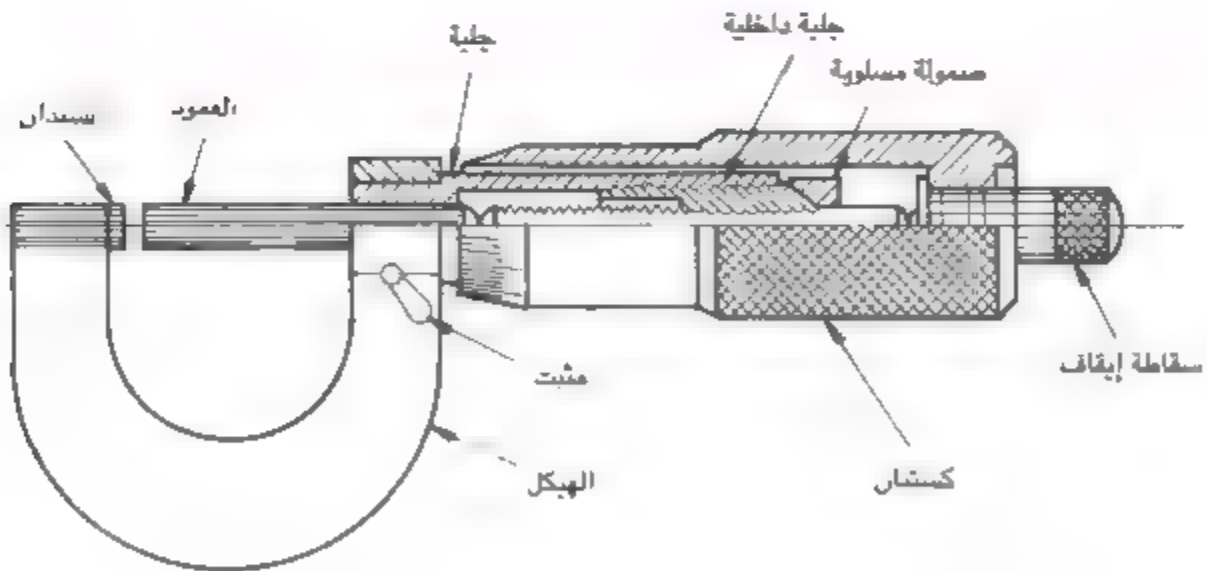
$$m = \frac{2\pi r}{P} \quad (2-5)$$

وبين الشكل (١٢-٢) تركيب الميكرومتر الخارجى.

وفى الشكل ، تكون خطوة لسمار 0.5 مم ، ويقسم المقياس الاسطواناني على لكسبر إلى 50 قسماً متساوياً. وعلى ذلك ، يكون كل قسم من المقياس يساوي $0.5 \times \frac{1}{50}$ أي يساوي 0.01 مم .

تمرين ٦

إذا كانت خطوة مسمار الميكرومتر 0.5 مم فما هو نصف قطر الكشمار، إذا أردت أن بقراً إراحة العمود ومقدارها 10 ميكرومتر ك 1 مم أي كقسم واحد من لمقياس على المحيط ؟
(الإجابة: 7.96 مم)



الشكل ١٢-٢ تركيب الميكرومتر

تستعمل سقاطة إيقاف لتجعل قوة القياس ثابتة. وتضبط قوة القياس في المدى من 510 إلى 1530 جم قوة .

وتتحدد دقة الميكرومتر من توازي واستواء أسطح القياس للعمود والسندان، وقوة القياس ، بخطوة المسمار وعناصر أخرى . فتؤثر أخطاء الخطوة في الدقة كثيراً . ولهذا السبب ، يكون مدى القياس محدوداً بـ 25 مم إلى 50 مم . ويبين الجدول ٢-٢ ، مثالا لدقة الميكرومتر. وتنقسم أنواع الميكرومتر إلى الميكرومتر الخارجي وهو أكثرها استخداماً لقياس القطر الخارجي ، والميكرومتر الداخلي لقياس القطر الداخلي ، وميكرومتر العمق ، وميكرومتر قياس سماكة أسنان العجلات المسننة ، وميكرومتر المسامير المسننة ، ويستخدم لقياس القطر الفعلي للمسماير وأنواع أخرى.

(في حالة قياس أقصى طول في حدود 50 مم)
A خطأ في الجهاز B الخطأ الكلي

مدى القياس ① (مم)	أقصى طول للقياس (مم)	استواء قطعة القياس عدد التداخلات ②	توازي سطح القياس ③	A ④	B ⑤
25 أو أقل	50 أو أقل	2	2 (6)	± 2	± 4
50	50 أو أقل	2	2 (6)	± 4	+ 6

محموعة لعدد في هذا الجدول عبارة عن العدد التقريبي لهُدب التداخل التي تكافئ
ستوء سطح القياس

(ارجع الى JIS B 7502-1979)

- ① مدى القياس للعمود .
- ② انظر ص 59 , 60 .
- ③ انظر ص 53 , 54 .
- ④ تطرح القيمة الحقيقية من قراءة الميكرومتر .
- ⑤ يشمل جميع الأخطاء الناتجة من عدة عوامل .

الجدول ٢-٢ دقة الميكرومتر الخارجي

[٢] المقياس القرصي المدرج Dial Gauge

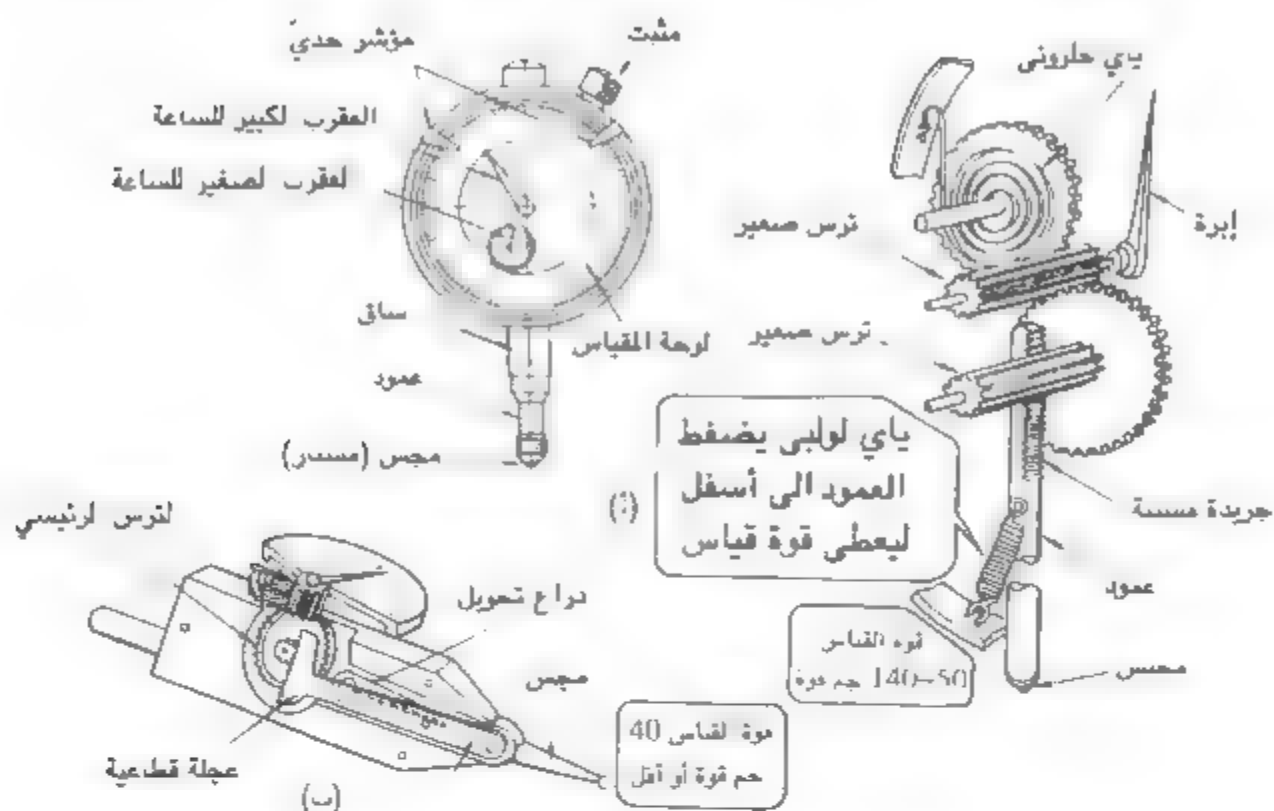
المقياس القرصي المدرج هو مقياس يبين الإزاحة الخطية لعنصر القياس بتحويلها إلى زاوية دوران مستخدماً عجلة مسننة أو ذراع ، وتكبيرها .

ويبين الشكل ٢-١٣ (أ)، المظهر الخارجى وتركيب مقياس قرصى مدرج عادى بفترات قياس 0.01 مم، بينما يبين الشكل ٢-١٣ (ب)، مقياس قرص مدرج من النوع الذى يستخدم أذرع، ويستخدم داخل ثقب صغير أو فى مكان ضيق، حيث لا يمكن استخدام المقياس القرصى المدرج العادى .

ويستخدم المقياس القرصى المدرج عجلة مسننة كآلية تكبير، وهو ذو أخطاء كبيرة نتيجة الشكل غير المنتظم للأسنان ، بالإضافة إلى أخطاء الخطوة واللامركزية .

ويكون البيان بالمقياس القرصى المدرج غير مستقر نتيجة تشوه أدوات التثبيت، أو أنه يكون معرضاً لحدوث أخطاء نتيجة وضع المقياس القرصى المدرج ، وتغيرات عناصر القياس فى اتجاه الحركة .

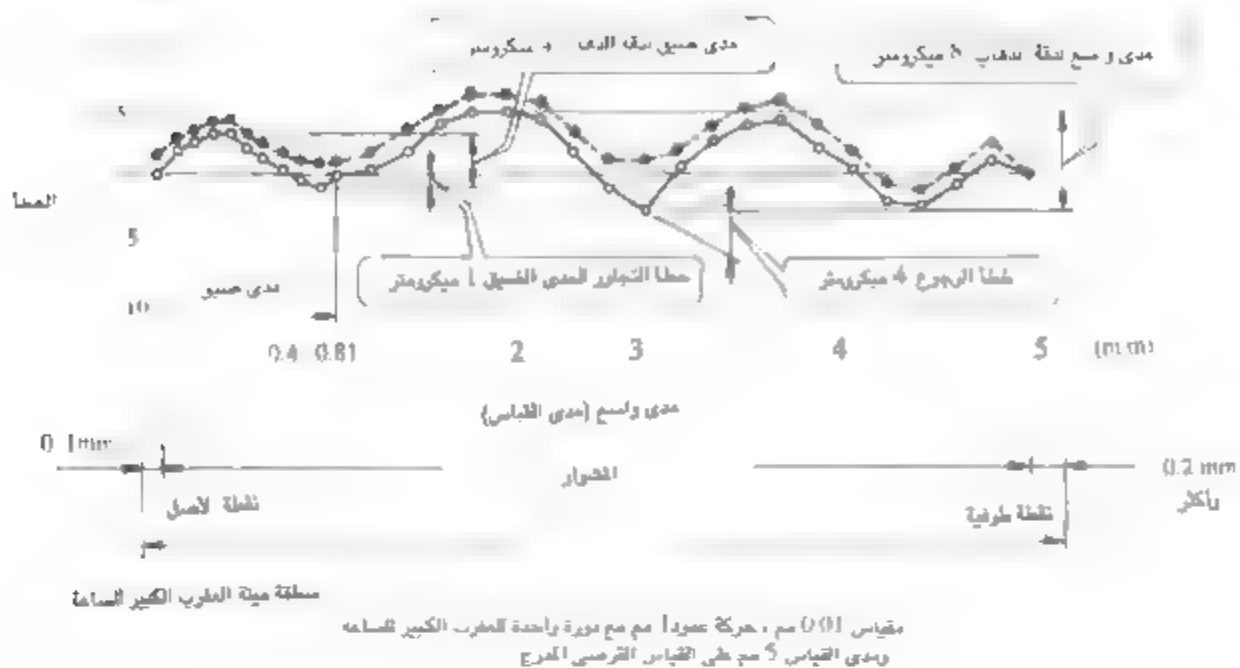
ويبين الشكل ٢-١٤، منحنى الخطأ لمقياس قرصى مدرج . ويعبر عن الدقة بالمدى الواسع (فى الذهاب) ^(١) والمدى الضيق (فى الذهاب) ^(٢) أو خطأ المحاذاة (المجاورة) للمدى الضيق ^(٣) وخطأ الرجوع ^(٤) والتكرارية ^(٥) . ويعرض الجدول ٢-٣، مثالا لدقة مقياس قرصى مدرج .



النوع	(أ) مقياس قرصى مدرج بعمود		(ب) مقياس قرصى مدرج بدراع	
الريادة	مؤشر > ترس > عمود		مؤشر > ترس > درع	
فترة القياس (مم)	0.01	0.001	0.002	0.002
مدى القياس (مم)	5 , 10	1 , 2 , 5	0.5 , 0.1	0.2 , 0.1

ملحوظة: مدى القياس هو مقدار حركة المحس لكل دورة من المؤشر حالة نوع لدرع
(الرجع الى 7503-1974-7509, 1974, 7533-1982 JIS B)

الشكل ٢-١٣ المقياس القرصى المدرج



الشكل ٢-١٤ رسم بياني للخطأ في المقياس القرصي المدرج

مدى لقياس (مم)	دقة مدى الواسع (الذهب) (ميكرومتر)	دقة المدى الضيق (الذهب) (ميكرومتر)	الخطأ المجاور للمدى الضيق (ميكرومتر)	خطأ الرجوع (العودة) (ميكرومتر)	التكرارية (ميكرومتر)
5	10	8	5	3	3
10	15				

ملحوظة القيم المذكورة في الجدول عند درجة حرارة 200° م
(إرجع إلى JIS B 7503-1974)

الجدول ٢-٣ دقة المقياس القرصي المدرج (فترة القياس 0.01 مم)

٢ - ٤ استخدام أجهزة القياس الضوئية

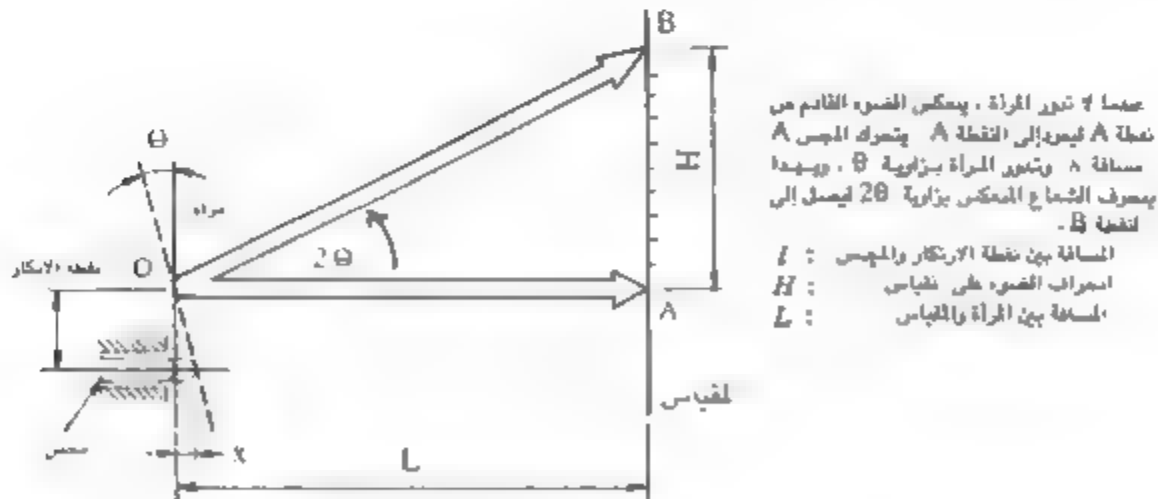
Optical Instrumentation

تتضمن طرق استخدام أجهزة القياس الضوئية تلك التي تستخدم ذراع ضوئية ، أو التي تستخدم وسيلة للحصول على أشعة متوازية من مصدر ضوء موضعي باستخدام عدسة ، أو التي تعتمد على التداخل الضوئي ، أو التي تستخدم هذه الوسائل مجتمعة مع آلية تكبير ميكانيكية . وينتشر حالياً ، استخدام أجهزة القياس التي تستخدم شعاع الليزر .

٢ - ٤ - ١ استخدام الذراع الضوئي Utilization of Light Lever

[١] الذراع الضوئي

كما يظهر في الشكل ٢ - ١٥ ، يستبدل الذراع الضوئي الحركة الميكانيكية للذراع بحركة شعاع ليس له قصور ذاتي، ويستخدم بكثرة لتكبير الأطوال الدقيقة بدرجة كبيرة . وفي الشكل ٢ - ١٥ ، تكون زاوية دوران المرآة θ (نصف قطرية) صغيرة، عندما تكون الإزاحة X صغيرة.



الشكل ٢ - ١٥ مبدأ الذراع الضوئي

حيث أن $x = L \theta$

و $H \cong Lx(2\theta)$

$$H = \frac{2 \times L}{\theta} \quad (2-6) \quad \therefore$$

والمقياس الضوئي هو مقياس أطوال يطبق مبادئ الذراع الضوئي .

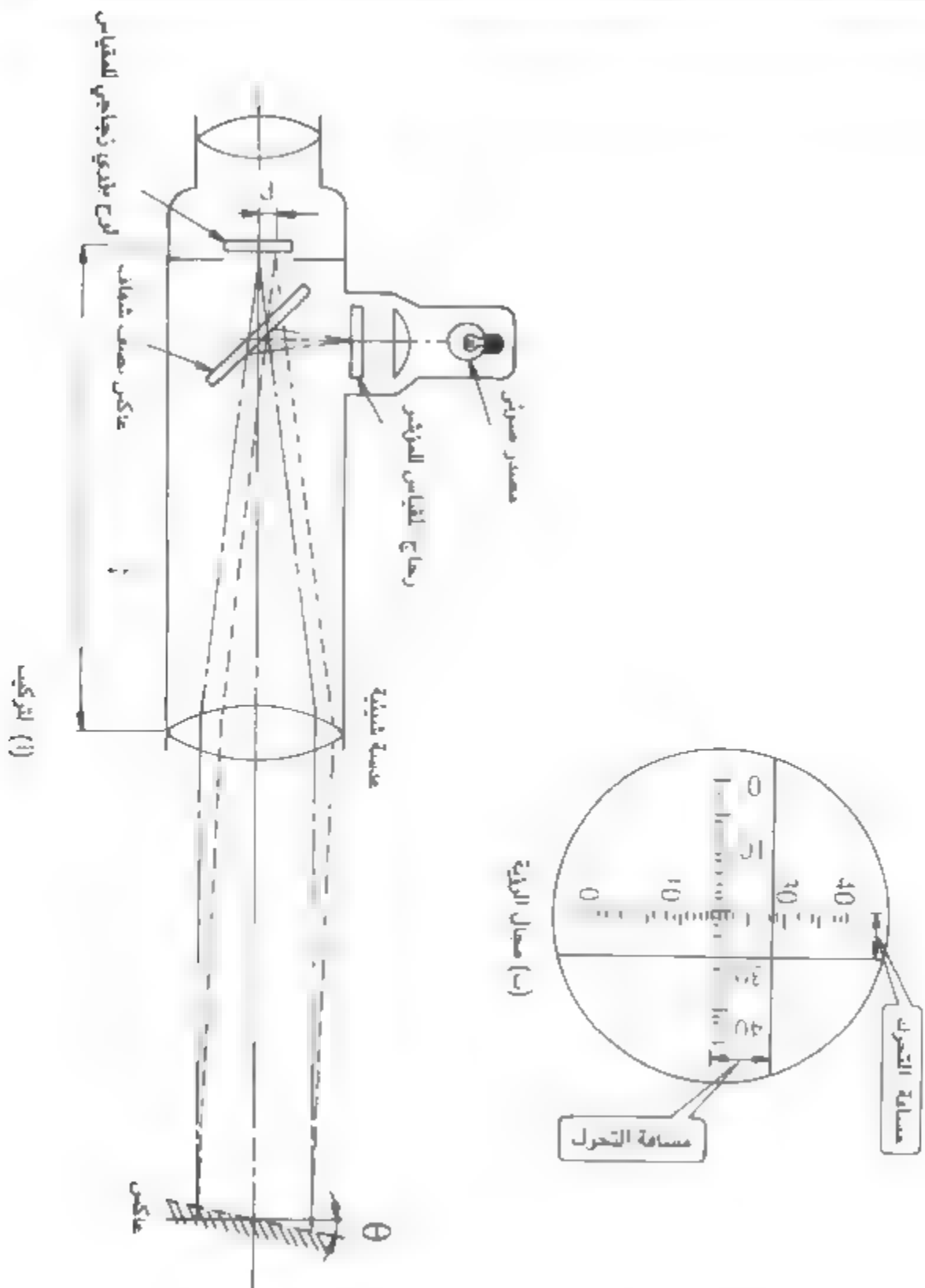
تمرين ٧

في ذراع ضوئي، كما في الشكل ٢-١٥ ، ماهو الطول L الذي يكبر إزاحة مقدارها $x = 0.01$ مم إلى $H = 10$ مم بفرض أن $\theta = 5$ مم .
(الإجابة: 2.5 متر)

[٢] الموازي الذاتي Autocollimator

يستخدم الموازي الذاتي للقياس ، بطرق مختلفة، مثل قياس الاستقامة والاستواء للأسطح الكبيرة نسبياً مثل دلائل أسطح الألواح وآلات التشغيل^(٦) وتوازي أوجه المقياس^(٧) والقياسات المقارنة للزوايا الدقيقة . وبين الشكل ٢-١٦ تركيب ونطاق رؤية موازي ذاتي .

ففي الشكل ٢-١٦ (أ) ، يمر الضوء المنبعث من المصدر الضوئي خلال لوح زجاجي مقسم بشبكية محفورة ، ويصل إلى عاكس نصف شفاف^(٨) يميل 45° على محور الضوء . فيمر الضوء المنعكس خلال عدسة شينية ثم ينعكس ثانية على العاكس لموضوع على الجزء المطلوب قياسه، مكوناً صورة شبكية على اللوح الزجاجي للمقياس البؤري المحفور عليه مقياس . وعندما يميل العاكس نتيجة إزاحة المستوى المراد قياسه ، تحرك لصورة الشبكية اللوح الزجاجي للمقياس البؤري ويتم التعبير عن مسافة التحرك d بالمعادلة التالية



الشكل ٢ - ١٦ تركيب ونطاق رؤية موازي ذاتي

$$d = f \tan 2\theta \approx 2 f \theta$$

(2-7)

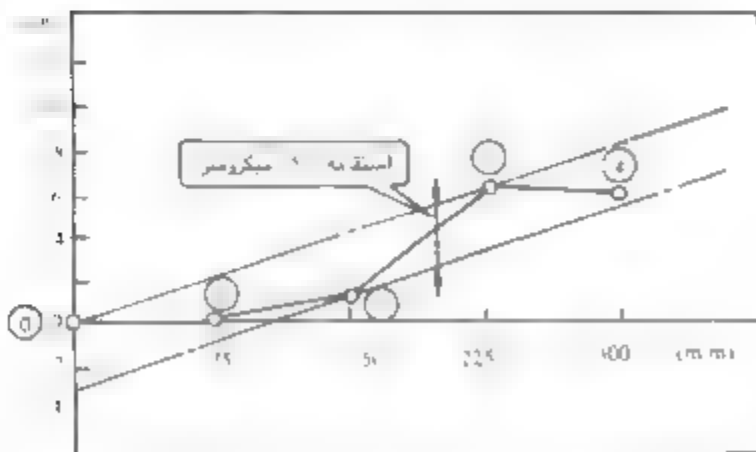
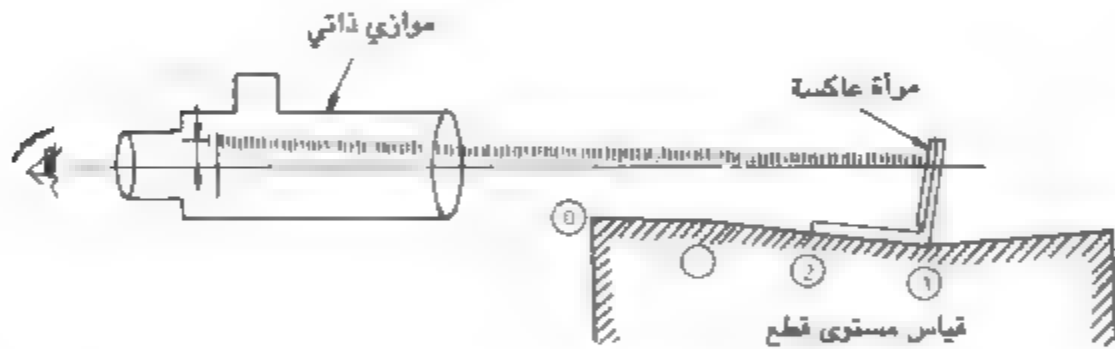
حيث f : البعد البؤري للعدسة الشينية

θ : زاوية ميل العاكس (نصف قطرية)

وعلى ذلك ، بقياس d ، يمكن الحصول على زاوية الميل θ للعاكس

القياس بواسطة الموازي الذاتي

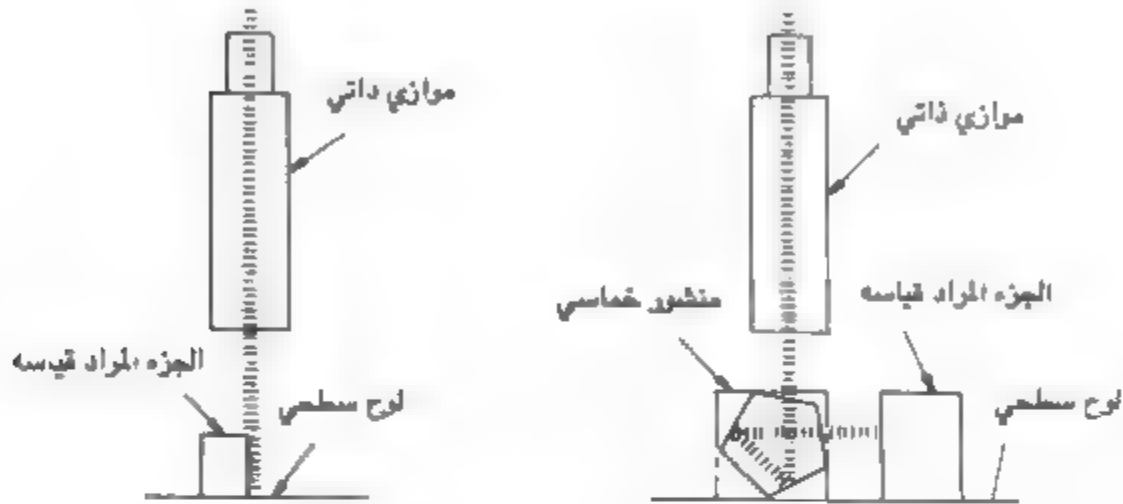
(أ) في الشكل ١٧-٢ ، تقاس الاستقامة عن طريق القص الشعاعي d الذي ينتج من عاكس يتحرك بطول سطح القياس ، ويمكن حسابه فيما بعد



القيم المقدسة محصورة بين خطين متوازيين ، قس المسافة على التوازي حتى محور الإحداثي لرأسي

الشكل ١٧-٢ مقياس الإستقامة straightness بواسطة موازي ذاتي

(ب) في الشكل ١٨-٢ يقاس التوازي والاستقامة



الشكل ١٨-٢ قياس التوازي parallelism والاستقامة بواسطة موازي ذاتي

٢-٤-٢ تطبيق هُذْبُ التداخل الضوئي

Application of Light Interference Fringes

[١] تداخل موجات الضوء Light Wave Interference

إذا انبعث ضوء من مصدر ضوئي ثم انقسم إلى قسمين وتم تجميعهما مرة أخرى بعد مرورهما في مسارات مختلفة ، تساعد الموجتان بعضهما البعض وتصبحان قويتين (ساطعتين) عند التلاقي في طور واحد ، عندما يكون فرق طول المسارين (فرق المسار الضوئي) مضاعفات زوجية لنصف طول موجة الضوء، كما في الشكل ١٩-٢ ، بينما تلاشي كل منهما الأخرى وتصبحا ضعيفتين (مظلمتين) عندما تتلاقيان في طور مضاد ، ويحدث هذا عندما يكون الفرق مضاعفاً فردياً لنصف طول الموجة، وتسمى هذه الظاهرة تداخل الموجات الضوئية .

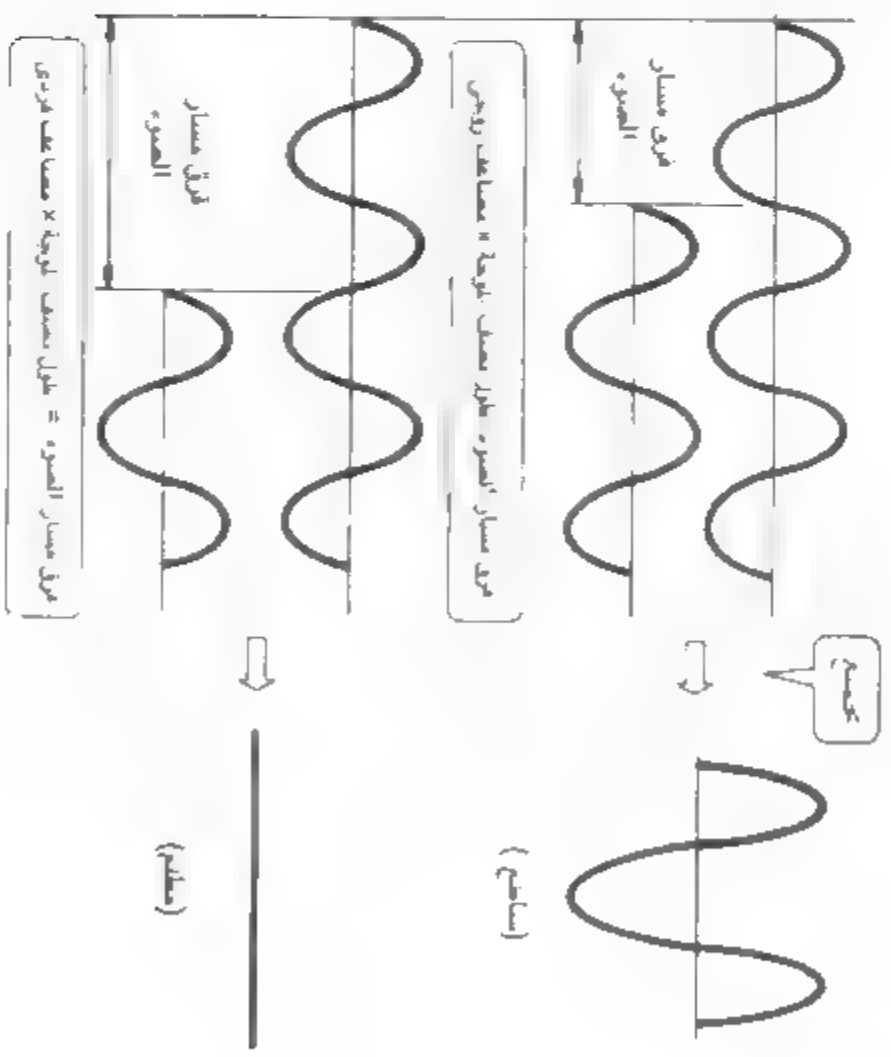
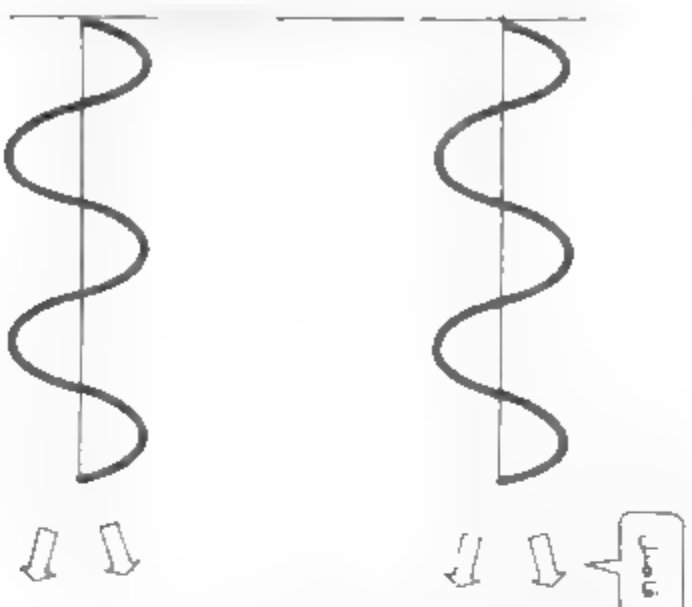
فإذا وضعت قطعتان من الزجاج المستوي L , M بجوار بعضهما البعض كما في الشكل ٢-٢٠ ، وأسقطنا ضوءاً أحادي اللون بشكل رأسي ، ينقسم الضوء إلى قسمين ، الأول ينعكس على السطح الداخلي للزجاج المسطح L ، والثاني ينعكس على السطح العلوي للسطح B للزجاج المسطح M بعد مروره خلال A . وتتلاقى الأضواء المنعكسة مرة ثانية فتسبب تداخل موجات الضوء

تتكون هُذُب مضيئة وداكنة (مظلمة) عن طريق تغيرات الطور الناتج أثناء الانعكاس ، وسمك طبقة الهواء d ، وطول موجة الضوء λ ، كما في الشكل ٢-٢٠ وعند B حيث ينعكس الضوء بتلامسه مع وسط كثيف (زجاج أو معدن) من وسط خفيف (هواء) ، يتغير الطور بمقدار نصف طول موجة $(\lambda/2)$. ولا يتغير الطور للضوء المنعكس عند A .

وبفرض أن n رقم صحيح ، وليس كما في الشكل ٢-١٩ ، فإن .

$$2d = (2n + 1) \lambda/2 \quad d = n\lambda/2 + \lambda/4 \quad (a)$$

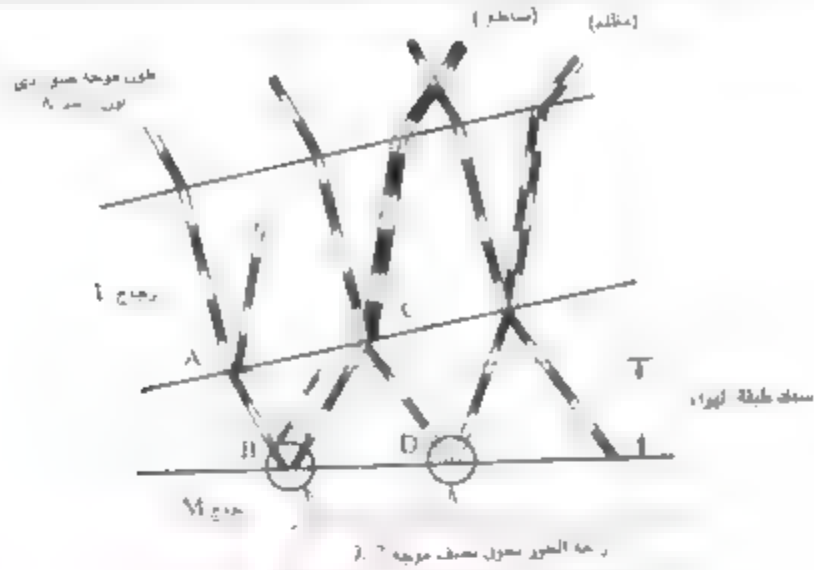
وفي هذا الوضع، تتساوى أطوار الموجتين الضوئيتين وتصبح الموجتان الضوئيتان أسطع .



(ب)

(ا)

الشكل ١٩-٢ تداخل موجات الضوء



الشكل ٢-٢٠ مبدأ قياس الخوص بواسطة تداخل موجات الضوء

$$2d = 2n \frac{\lambda}{2} \quad d = n \frac{\lambda}{2} \quad (b)$$

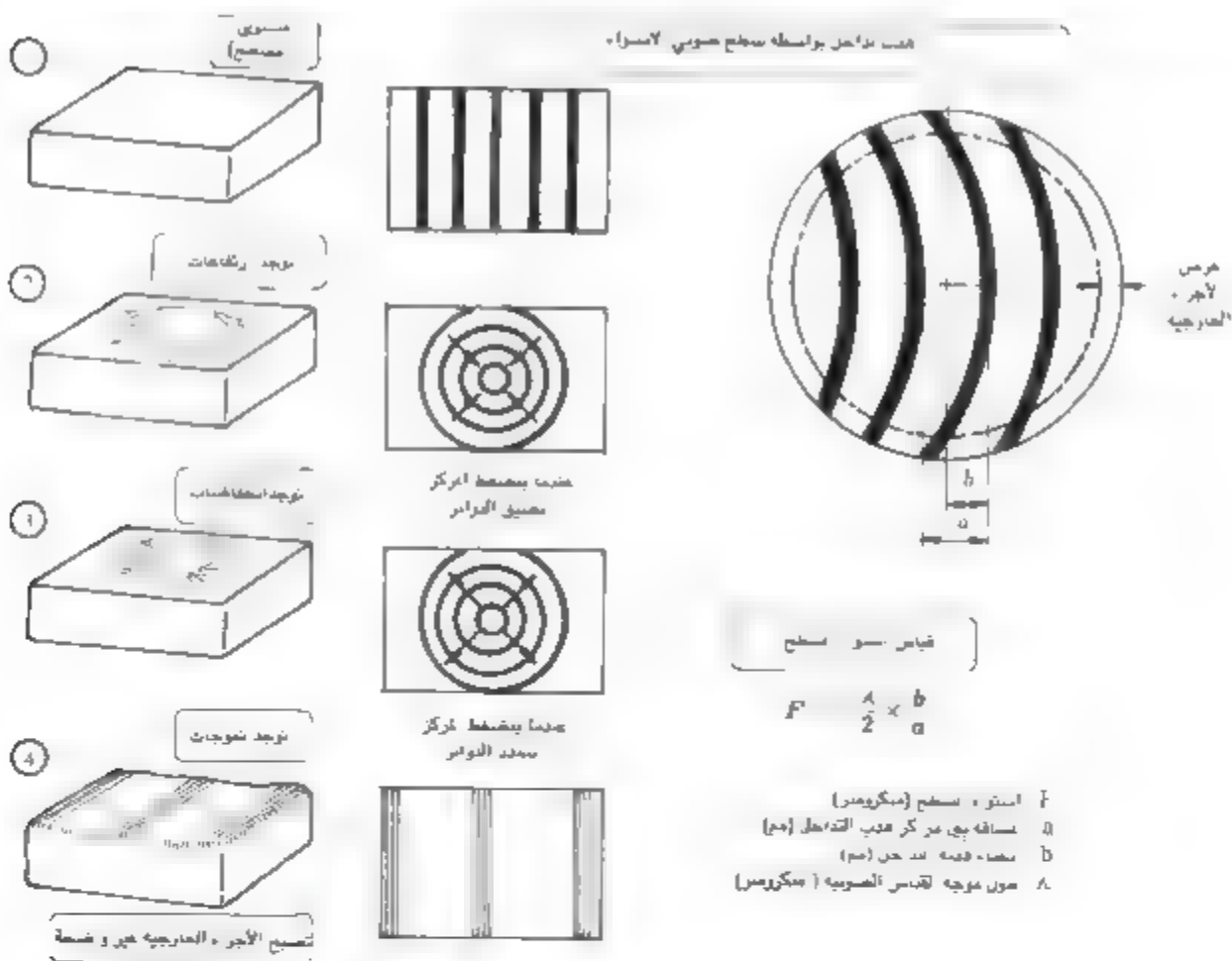
وهي هذا الوضع ، تتعاكس أطوار الموجتين الضوئيتين ، وتصبح الموجتان الضوئيتان أظلم .

ويكون الموجدين الضوئيتان مظلمتين ، خاصة في الوضع $d = 0$ ، حيث تتلامس الأسطح L, M .

ومن عدد خطوط هُذْبُ التداخل المظلمة n (هُذْبَة) ، يصبح الخوص (سمك طبقة لهو) $n \times \lambda/2$ ، وبذلك يمكن قياس الخوص d . وعلى ذلك، يمكن اعتبار هُذْبُ الداخل مثل مسطرة قياس ذات أجزاء قياس $\lambda/2$.

[٢] قياس الاستواء flatness عن طريق تداخل موجات الضوء

يمكن قياس إستواء سطح صغير نسبياً ، تم تشطيبه بالتحضين مثل أطراف قوالب القياس لمعيارية ، وأسطح القياس لسندان وعمود ميكرومتر باستخدام هُذْبُ لنداخل . ويبين الشكل ٢-٢١ مثلاً للقياس باستخدام سطح ضوئي الاستواء (٩) .



الشكل ٢-٢١ مثال لقياس استواء السطح عن طريق هُذب التداخل

تمرين ٨

إذا تكونت أربع نوائر متحدة المركز في (٢)، انظر الشكل ٢-٢١، فما هو الفرق في الارتفاع بين الاجزاء التي في المركز والتي على المحيط، بفرض أن طول موجة الضوء هي 0.6 ميكرومتر

(الإجابة : 1.2 ميكرومتر)

[٢] آلة قياس الطول بتطبيق تداخل موجات الضوء

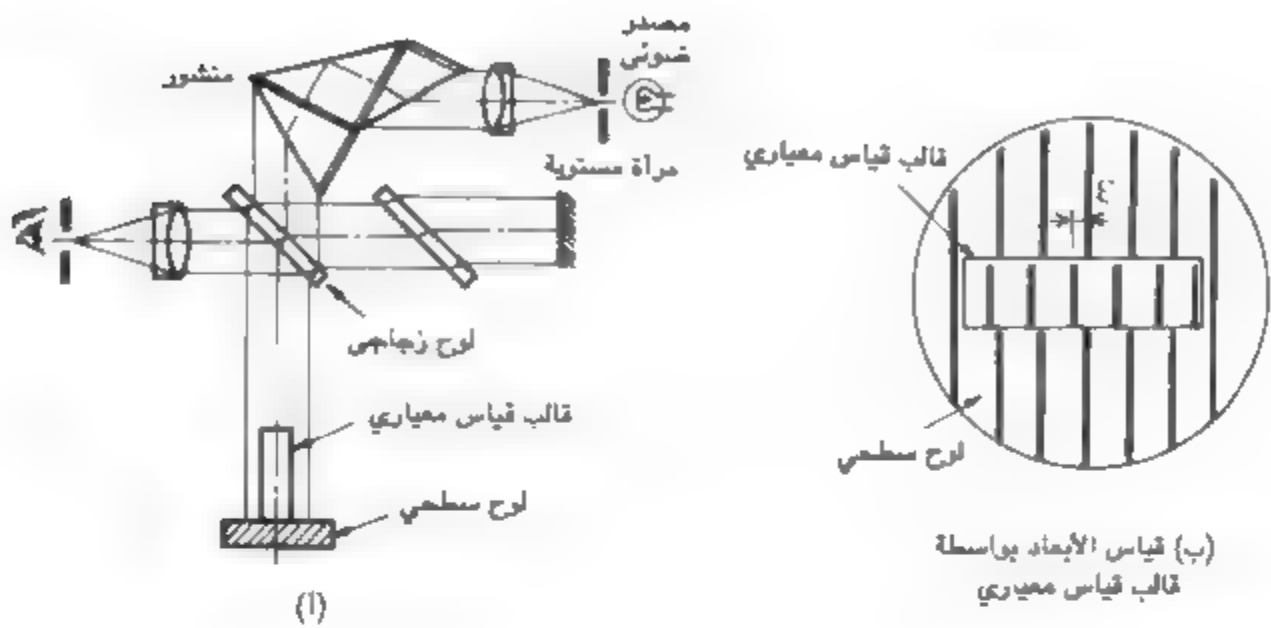
يبين الشكل ٢-٢٢، النظام الضوئي لآلة قياس الطول باستخدام تداخل موجات الضوء

تستخدم أنبوبة تفريغ مملوءة بـ He ، Hg ، Cd أو Kr ، كمصدر ضوئي لقياس قص هُذْبُ التداخل، بتغيرات الطول الموجي لمصدر الضوء للحصول على طول الجزء المطلوب قياسه ويمكن استخدامها في القياسات المطلقة^(١٠) والقياسات النسبية، وكذلك قياس الاستواء والتوازي ، الخ. لقوالب القياس المعيارية وأصناف أخرى وتبلغ الأطوال الموجية للأشعة المرئية من 0.4 إلى 0.7 ميكرومتر تقريباً، ويمكن قياس الأطوال بدقة عالية جداً باستخدام هُذْبُ التداخل .

٢-٤-٣ استخدام شعاع الليزر Utilization of Laser Beam

[١] أساسيات الليزر

تحدث ظاهرة توليد ضوء ذي طول موجة معينة (انبعاث مُحَفَّز) عند تطبيق طاقة عالية لذرات أو جزيئات مادة بواسطة ضوء أو إلكترونات معجلة. تستمر هذه الظاهرة ويتكثف الضوء (يصبح كثيفاً) بالتدريج ويتكرر انعكاس هذا الضوء بواسطة مرأتين موضوعتين عند الطرفين ، يمكن الحصول على شعاع مكبر وكثيف أما الوسيلة (الجهاز) التي تنتج مثل هذا الشعاع فتسمى الليزر^(١١)، ويسمى الشعاع الذي ينتج بالليزر شعاع الليزر.



ينبعث شعاع من مصدر ضوئي (ضوء أحادي اللون) ويتغير اتجاهه جزئياً بمقدار 90° خلال لوحة زجاجية نصف شفاف لينعكس بواسطة مرآة مستوية. وينعكس شعاع آخر على السطح العلوي للجزء المراد قياسه، الذي يلتصق به لوحة سطحي ليصل إلى اللوحة الزجاجية مع الشعاع الأول ويتداخل مع بعض وعليه يلاحظ الشكل (B) من خلال عدسة عينية. ويتطبيق أطوال موجية مختلفة لمصدر الضوء، وقياس الإزاحة ϵ لهدب التداخل بين اللوح السطحي وقالب القياس المعياري بدلالة طول الموجة، يتم حساب طول قالب القياس المعياري بالقيم المقاسة

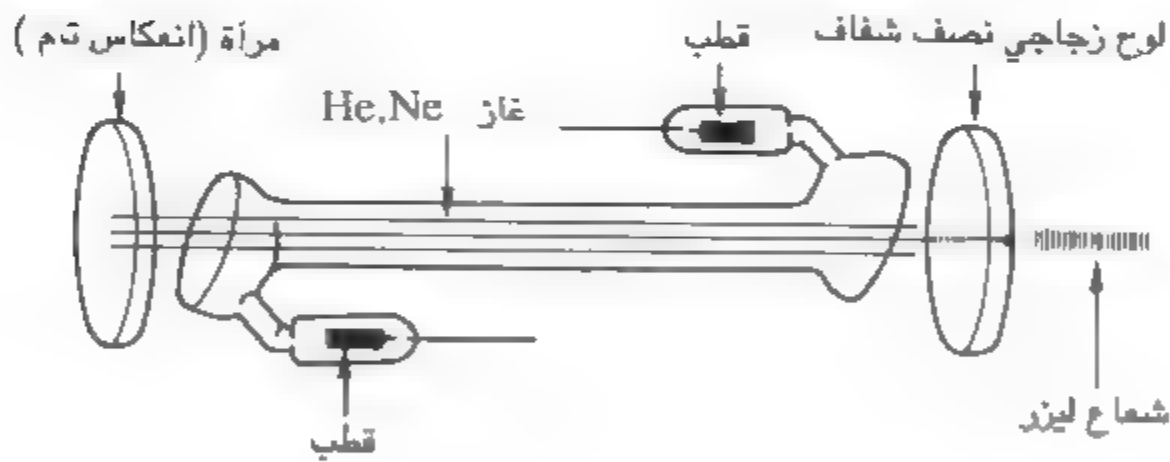
الشكل ٢-٢٢ آلة قياس الطول بتطبيق تداخل

موجات الضوء ونطاق رؤيتها

وبمقارنة شعاع الليزر مع الأضواء العادية مثل ضوء الفلورسنت ، فإن شعاع الليزر له طول موجي واحد بأنطوار منتظمة (أحادية اللون)، ويتفوق عليها في الترابط فاشعة الليزر تنتقل إلى الأمام في اتجاه مستقيم إلى نقطة بعيدة بدون انتشار (اتجاهي) .

وتشمل أنواع الليزر ، الليزر الغازي وليزر الجوامد وليزر السوائل وليزر أشباه الموصلات.

والليزر الغازي He.Ne يتفوق في الاستقرار، ويمكن التعامل معه بسهولة. ولهذه الأسباب ، يستخدم في أغلب الأحوال، كما يستخدم كآلات قياس الأطوال وريين الشكل ٢-٢٣، مكونات ليزر He.Ne .

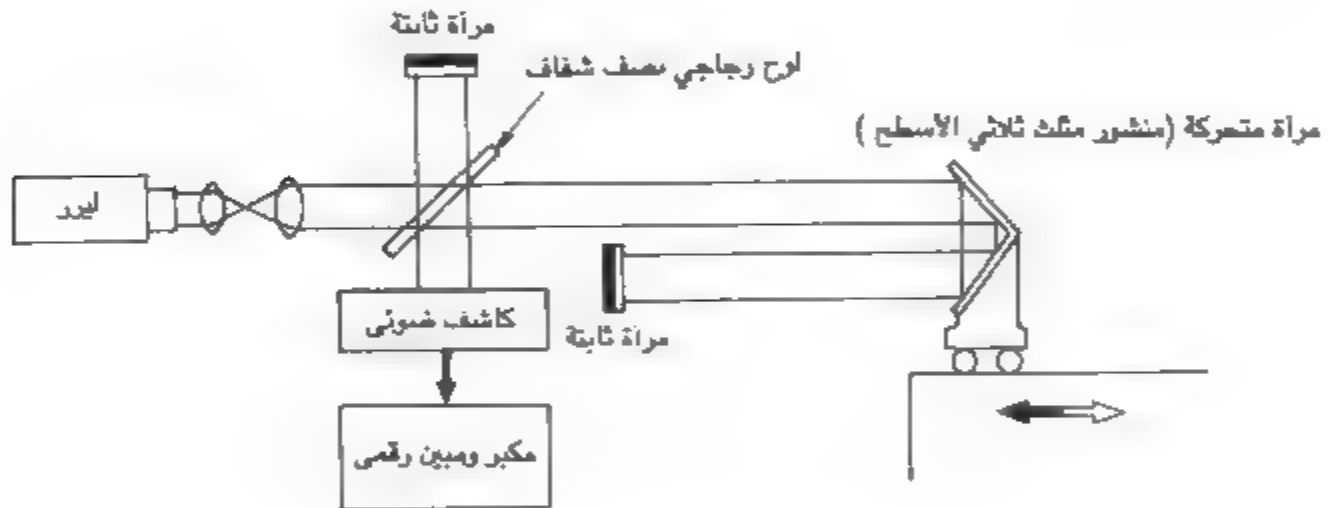


يوجد بداخل الوعاء خليط من غازي He ، Ne بنسبة 1 : 5 ، وعندما يتم التفريغ بين قطبين من جهد عالي يحدث انبعاث هثي ، ويتكرر انعكاس الشعاع عن طريق المرايا الموضوعة على الجانبين وعليه ينتج شعاع ليزر أحمر (طول الموجة هو 0.6328 ميكرومتر) من المرآة على اليمين (لوحة زجاجية نصف شفافة)

الشكل ٢-٢٣ ليزر He.Ne

[٢] آلات قياس الطول بواسطة شعاع الليزر

تستفيد الآلات الدقيقة لقياس الأطوال بواسطة شعاع الليزر من الترابط المختار للشعاع وبين الشكل ٢-٢٤، مكونات الآلة الدقيقة لقياس الأطوال بالليزر تتحول التغيرات في الطول إلى تغيرات في هُذُب التداخل (معتمة وساطعة)، بسبب التحويل^(١٢) الكهروضوئي، ويظهر عددها رقمياً للقياس بدرجة دقة تساوي 0.008 ميكرومتر .



المبدأ هو نفسه كما في حالة قياس الطول بتطبيق تداخل الموجات ، كما في الشكل ٢-٢٢ وينقسم شعاع الليزر في اتجاهين خلال لوح زجاجي نصف شفاف ، وعندما تنزلق المرآة المتحركة في اتجاه السهم ، تتغير هُذُب التداخل الضوئية (الناجمة) ذات الطريقتين

الشكل ٢-٢٤ آلة دقيقة لقياس الأطوال باستخدام شعاع الليزر

وتقاس المسافات الطويلة جدا بواسطة شعاع الليزر أيضا. وتستطيع بعض آلات القياس قياس المدى حتى 1 كم بدرجة دقة 1 مم . ويستخدم تداخل شعاع الليزر أيضا في قياس الاستواء وفي تحديد مواضع عدد لقطع في آلات التشغيل .

* تصبقت أخرى لشعاع الليزر شعاع الليزر عبارة عن موجة كهرومغناطيسية، وله نفس خصائص الموجات اللاسلكية. وباستعمال الترددات العالية ، يمكن استخدامه تجاريا في مجال الاتصالات الضوئية^(١٣). ويمكن كشف الفروق الصغيرة في التردد بسهولة . وتستخدم أشعة الليزر في قياس السرعات من حوالي 0.1 إلى عدة عشرات من الأمتار في الثانية^(١٤) .

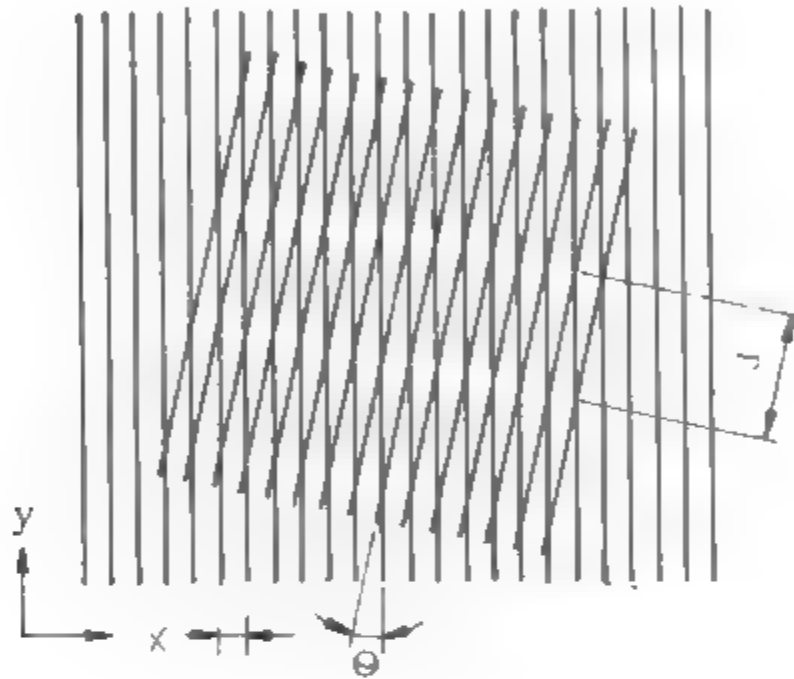
وكثيراً ما يستخدم الهولوجرام (تسجيل الصور الحجمية)، الذي يعتمد على خاصية إحداث التداخل بسهولة ، في إنتاج الصور ثلاثية الأبعاد، وكذلك في قياس التشوهات في الأجزاء، والاهتزازات في مجالات السيارات والطائرات. ويستخدم طريقة التركيز الدقيق لطاقة شعاع الليزر في نقطة صغيرة في تقنيات^(١٥) التشغيل ، مثل عمل الفتحات في الماس وتقطيع القماش وتستخدم صاق شعاع الليزر أيضا كمشرط^(١٦) ليزر للجراحة ، ومخصلات من اليورانيوم^(١٧) .

تمرين ٩

ما هو تردد شعاع الليزر عندما يكون طول الموجة 0.6328 ميكرومتر، بفرض أن سرعة الضوء هي c وتساوي 299792458 متر / ث .

(الإجابة: $4.73755465 \times 10^{14}$ هرتز)

٢-٤-٤ تطبيقات هُدُب مُوَّار Application of Moire Fringes



الشكل ٢-٥ هُدُب مُوَّار

يبين الشكل ٢-٥ ، مبادئ مقياس هُدُب مُوَّار ويتراكب (تداخل) شبكتي حيود^(١٨) ، كل منهما ذات خطوة α ، بالإمالة بزاوية صغيرة θ ، تظهر هُدُب على مسافات بينية d عموديا على الشبكية . وتسمى هذه الهُدُب، بهُدُب مُوَّار ولها العلاقة التالية

$$d = \frac{1}{\sin \theta} \quad \alpha \equiv \frac{1}{\theta} \quad \alpha \quad (2-8)$$

وبتحريك الشبكية في الاتجاه X بخطوة واحدة α ، تتحرك هُدُب مُوَّار

في الاتجاه Y مسافة d ولهذا يعتبر $\frac{1}{\theta}$ تكبيراً.

[١] حصر عدد هُذُب مَوَّار عن طريق شبكية حيود مستقيمة

By Straight Diffraction Grid

يبين الشكل ٢-٢٦، مثلاً لحصر عدد هُذُب مَوَّار بواسطة شبكية حيود مستقيمة

تمرين ١٠

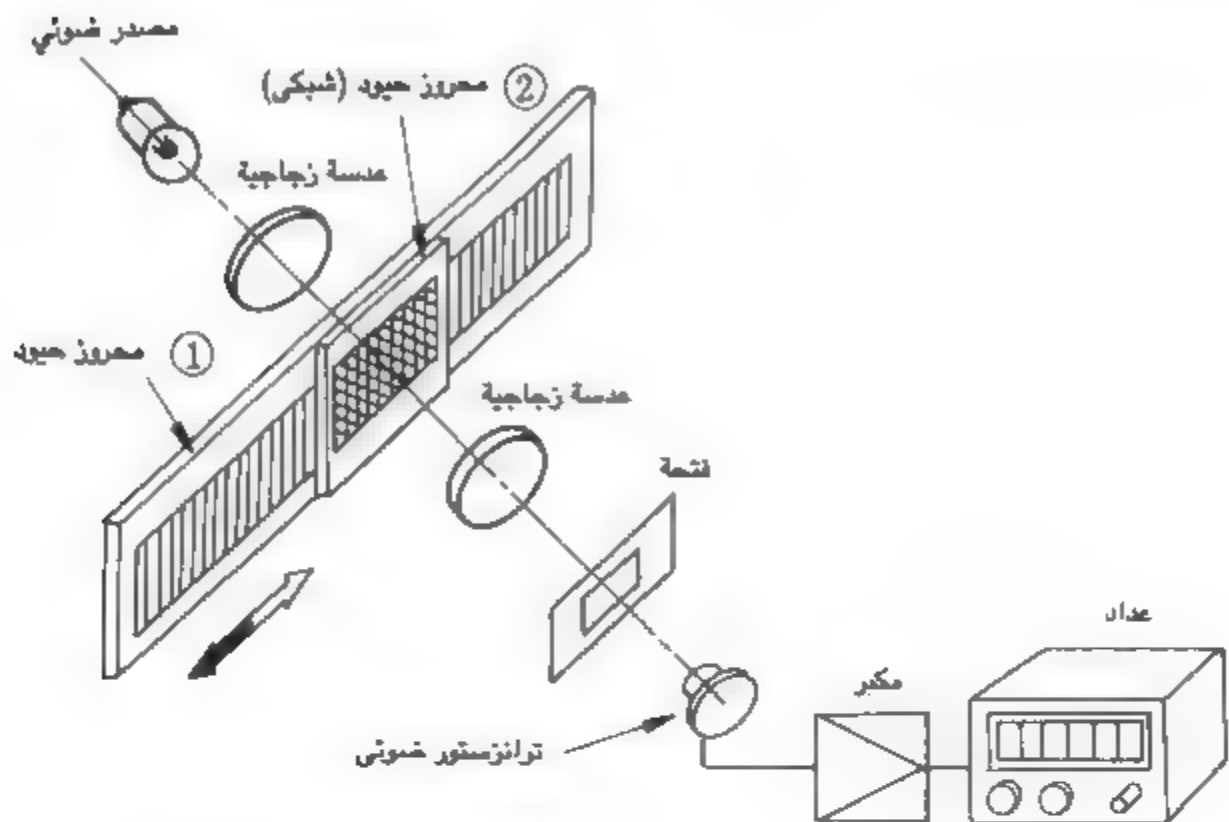
ما هي نسبة التكبير، إذا تحركت هُذُب مَوَّار 0.06 مم، عندما تكون خطوة شبكية هُذُب مَوَّار 4 ميكرومتر .

(الإجابة : 15 مرة)

[٢] حصر عدد هُذُب مَوَّار عن طريق شبكية حيود قرصية

By Disk-like Diffraction Grid

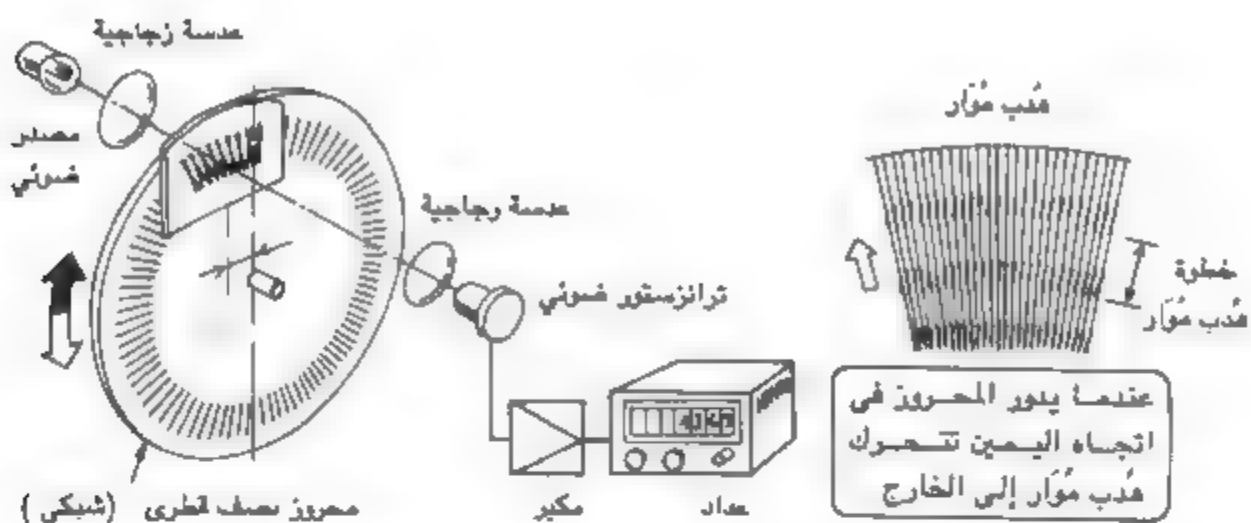
يسمى القرص الزجاجي ، المحفور عليه بدقة شبكية على شكل أنصاف أقطار بخطوة تقسم المحيط بالتساوي ، بالشبكية نصف القطرية . ويمكن الحصول على هُذُب مَوَّار بتداخل شبكيتين نصف قطريتين عن طريق وضعهما بشكل يكونان فيه غير متحدي المركز بدرجة قليلة وبالقيام بعدد الإشارات النبضية المتولدة ، ذات العلاقة بعدد لفات القرص ، يمكن قياس الزاوية رقمياً.



بتحريك هُذْب موار ، يمكن عدّ التغير من (إظلام - إضاءة) كهروضوئياً . ولهذا نقرأ قيمة الانحراف للمحروز المتحرك . وحيث أن الدقة هنا أكبر من المقياس النبضي الضوئي ، تستخدم هذه الطريقة لقياس الطول والزوايا .

الشكل ٢-٢٦ مثال لعدّ هُذْب موار عن طريق شبكة حيود خطية

ويسمى هذا الجهاز بمُشفّر النبضات ، انظر الشكل (٢-٢٧)



يجهز مُشفر النبضات بمحور دوران ذي مسمار مسنن للتغذية وبقراءة عدادات النبضات (كمية الدوران) وتغذية المسمار المسنن في اللفة (طول) يمكن الحصول على القياس الرقمي . يتوفر هذا النظام للتحكم في الموضع في آلات التشغيل .

الشكل ٢-٢٧ مثال لعدّ هَدَب مَوَار عن طريق مُشفر النبضات

٢-٤-٥ القياسات الرقمية عن طريق إشارات نبضية ضوئية

By Optical Pulse Signal

[١] مقياس النبضة الضوئية Optical Pulse Scale

يتكون مقياس النبضة الضوئية من مقياس ثابت للقراءة من النوع الشريطي ذي

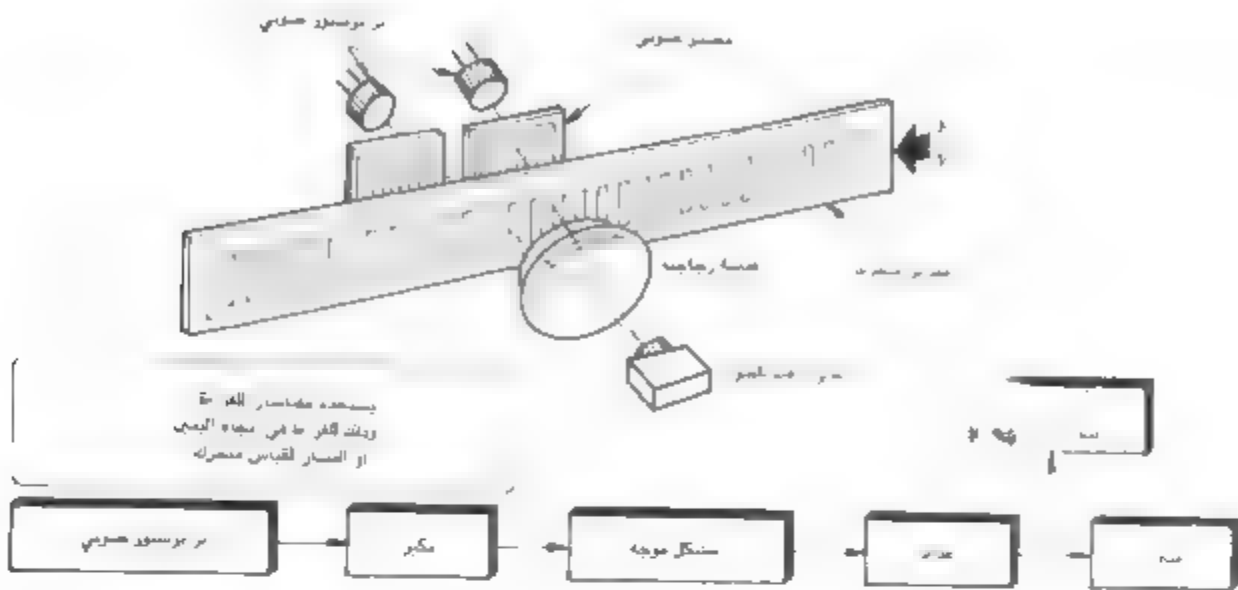
شبكة ومقياس آخر يتحرك نتيجة للإزاحة ، ويصبح مقياس النبضة الضوئية مضيقاً عندما يتراكم المقياسان ، بينما يصبح مظلماً عندما يتحرك نصف خطوة واحدة. تتحول الإشارات الضوئية المظلمة والمضيئة إلى إشارات كهربائية بواسطة ترانزستور ضوئي (ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) ، وبذا يمكن القيام بالعد الرقمي. تستخدم هذه الطريقة بكثرة في تحديد وضع عربات آلات التشغيل وجهاز القياس ويسمى مقياس النبضة الضوئية أيضاً بالمُشفّر الخطي، (انظر الشكل ٢-٢٨) .

[٢] مقياس النبضة الضوئية ذو القرص

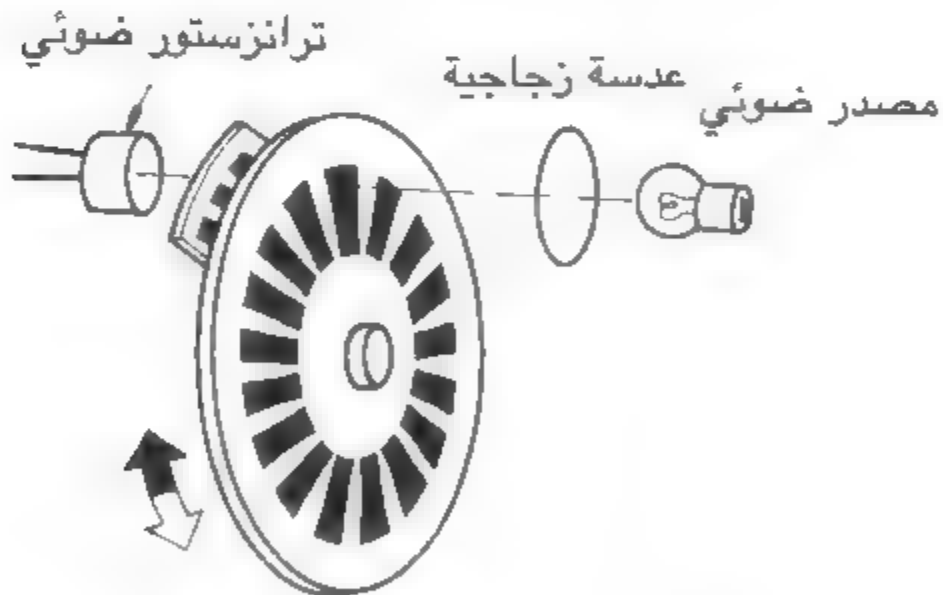
هو مقياس النبضة الضوئية الذي ذكر من قبل ، ولكن له قرص بدلاً من المقياس المتحرك لقياس الزاوية رقمياً . ويسمى هذا الجهاز المُشفّر الدوار، (انظر الشكل ٢-٢٩) .

٢ - ٥ استخدام أجهزة قياس الموائع Fluid Instrumentation

بالاستفادة من خصائص الموائع مثل السوائل والهواء ، يتم تكبير الانحرافات الدقيقة للقياس باستخدام أجهزة القياس ويعتبر ميزان ضبط الاستواء والميكرومتر الهوائي أمثلة نموذجية لها.



الشكل ٢-٢٨ القياس عن طريق المقياس النبضي الضوئي (المُشفّر الخطي)



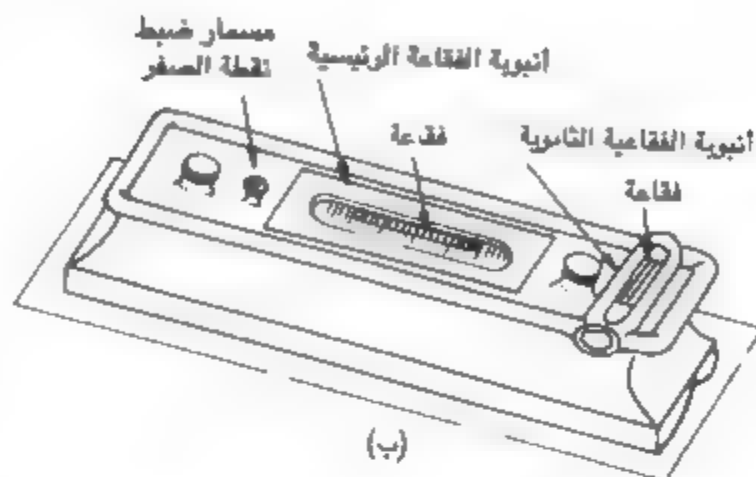
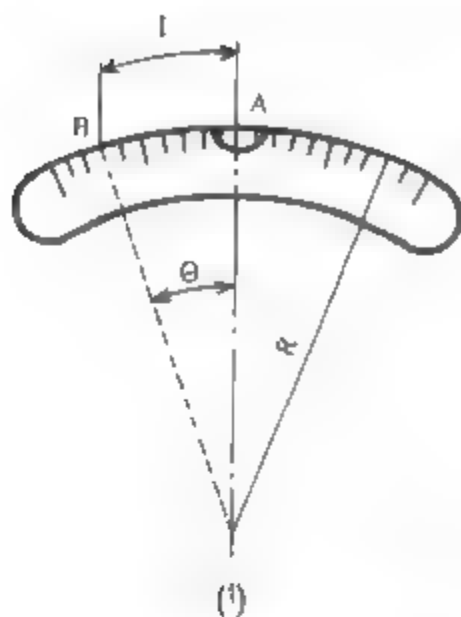
الشكل ٢-٢٩ القياس باستخدام المُشفّر الدوار

٢ - ٥ - ١ استخدام السوائل

ميزان ضبط الاستواء عبارة عن جهاز قياس الزوايا ، وهو ذو تركيب بسيط ويستخدم لتكبير الإزاحة باستعمال أنبوبة ذات فقاعة ، حيث تترك فقاعة في أنبوبة زجاجية ذات نصف قطرانحناء ثابت ، وتملأ الأنبوبة بالإيثيل أو الكحول ، (انظر الشكل ٢-٣٠)

وتتحدد الحساسية من نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة . وتكون الحساسية أعلى عندما يكون نصف قطر الانحناء أكبر . ويعبر عن حساسية ميزان ضبط الاستواء بالميل اللازم لانحراف الفقاعة بفترة قياس واحدة (2 مم) ، ويبين ذلك بالارتفاع لكل متر للقاعدة أو بالزاوية (أو الزوايا) ، وهي محددة في المواصفات JIS B 7511-1972

والحساسية في المثال المبين في الشكل ٢-٣٠ ، هي 0.02 مم/م (4 ').



$$L = \frac{2 \pi R \theta}{360 \times 60 \times 60} = \frac{R \theta}{206\,000}$$

L : المقدار الذي تتحركه الفقاعة نتيجة ميل أنبوبة الفقاعة (مم)

θ : ميل أنبوبة الفقاعة (ثانية)

R : إنحناء أنبوبة الفقاعة (مم)

في حالة

$$L = 2 \text{ mm} , \theta = 4$$

$$R = \frac{206000 \times L}{\theta} = 103000 \text{ mm} = 103 \text{ m}$$

الشكل ٢- ٣٠ ميزان ضبط الاستواء

تمرين ١١

احسب نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة في ميزان ضبط الاستواء ذي الحساسية 0.1 مم/م ($20''$) .

(الإجابة 20.6 م)

٢ - ٥ - ٢ استخدام الهواء

الميكرومتر الهوائي هو جهاز قياس أطوال يستعمل الهواء فيندفع الهواء نحو الضغط الثابت من خلال فوهة قياس ، ويتغير الخوص الصغير (السلك) في جزء الانسياب ، ليغير سريان الهواء والضغط بدرجة كبيرة. والمقارن Comparator الذي يعتمد على هذه الظاهرة هو عبارة عن ميكرومتر هوائي

[١] الميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب Flow - type Air Micrometer

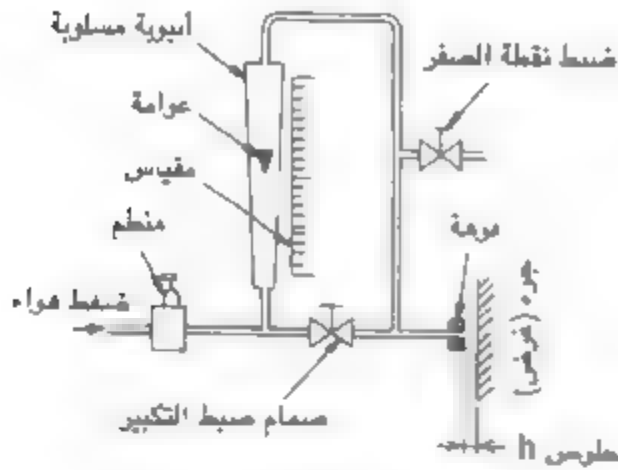
يبين الشكل ٢-٢١، منحنيات الخصائص والمبادئ للميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب

عند مرور هواء ذي ضغط ثابت إلى الجو الخارجى خلال فوهة، يتغير الانسياب بالتناسب مع مساحة الفتحة فإذا كان الخوص h عندما تقترب الفوهة من السطح المطلوب قياسه ، فإن الانسياب يتغير بالتناسب مع مساحة السطح $\pi d h$ ، عندما يمر الهواء على محيط السطح الذي نقوم بقياسه ، (انظر الشكل (ب)).

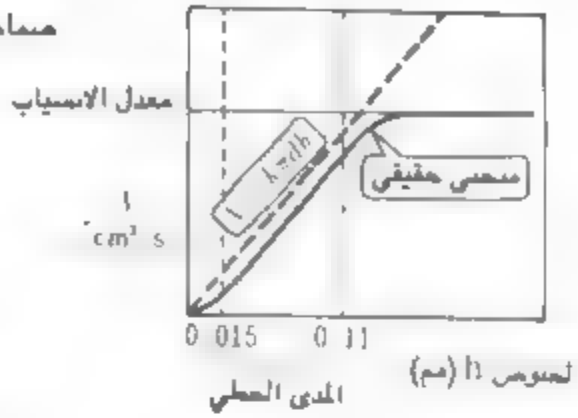
[٢] الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى Back-pressure Air Micrometer

يبين الشكل ٢-٢٢ مبادئ ومنحنى الخصائص للميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى .

فى القياسات اليدوية ، يستخدم غالباً الانسياب من النوع الذى يمكن فيه النظر إلى العوامة بالعين وفى القياسات الأتوماتيكية ، يستخدم أساساً نوع الضغط الخلفى، الذى يمكن فيه أن يتم التحول إلى إشارات كهربائية بسهولة .



(أ) النموذج الأساسي



(ب) منحنى الخصائص

يسحب هواء ذو ضغط ثابت خلال صمام التحكم في الضغط ويتناسب انسياب الهواء مع الخلوص بين الجزء والفوهة خلال مدى ثابت . وكلما زاد الخلوص ، يزيد انسياب الهواء . ولذلك ترتفع عوامة الأنبوية المسلحة إلى أعلى ويزيد الخلوص بين الأنبوية المسلحة والعوامة . وتتوقف العوامة عند موضع ، حيث يتعادل وزنها مع الفرق في الضغط .

$$V = k \pi d h$$

IV انسياب الهواء

K ثابت التناسب

π العدد

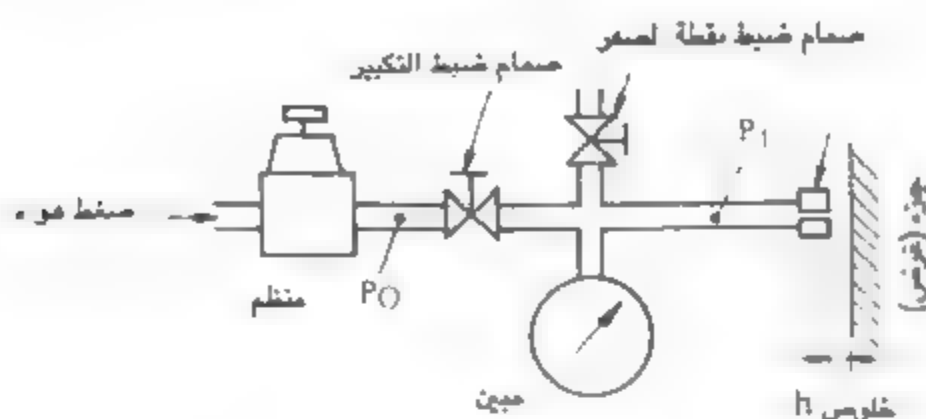
d القطر الداخلي للفوهة

h الخلوص

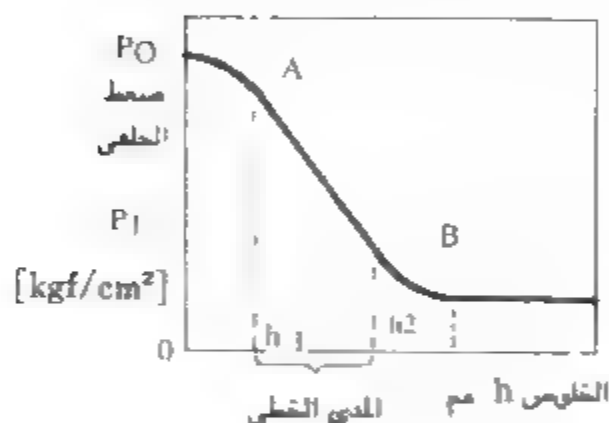
الشكل ٢-٣١ الميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب

والميكرومتر الهوائي له الخصائص التالية

- (١) تكبير عالي (من 5000 إلى 10000)، ويمكن ضبط التكبير بسهولة
- (٢) قياسات بدون تلامس وبقوة قياس صغيرة بدون تحطيم أو تشويه الأجزاء المقاسة ، غير أن القياسات تتأثر بخشونة السطح



(i) النموذج الأساسي



(ب) منحنى الخصائص

في الشكل (i) ، عندما يمر هواء من فوهة بضبط ثابت ، يتناسب الضغط الخلفي (الضغط بين الصمام والفوهة) تناسباً طردياً مع الخلوص بين الجزء والفوهة في حدود مدى ثابت ، يتحول الضغط الخلفي إلى إشارة كهربائية عن طريق مفتاح هواء ، وهذا يوصل ملامس كهربائي من خلال منفخ وغشاء .

الشكل ٢-٣٢ الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفي

- (٣) بيان سريع وزمن قياس صغير ، وتكون القياسات جيدة
- (٤) يمكن أن يستخدم بشكل ملائم لقياس الأشكال المركبة وفي القياسات الخاصة أو القياسات عن بعد .
- (٥) يمكن أن يستخدم في الفصل الأتوماتيكي ، والتحكم الأتوماتيكي ، والتحكم الأتوماتيكي وأغراض أخرى .
- (٦) مدى القياس لا يمكن أن يكون واسعاً جداً (حتى حوالي 0.2 مم) .
- (٧) أطوال القياسات وأجزاء البيان لا يمكن زيادتها بلا حدود نتيجة لسرعة الاستجابة .

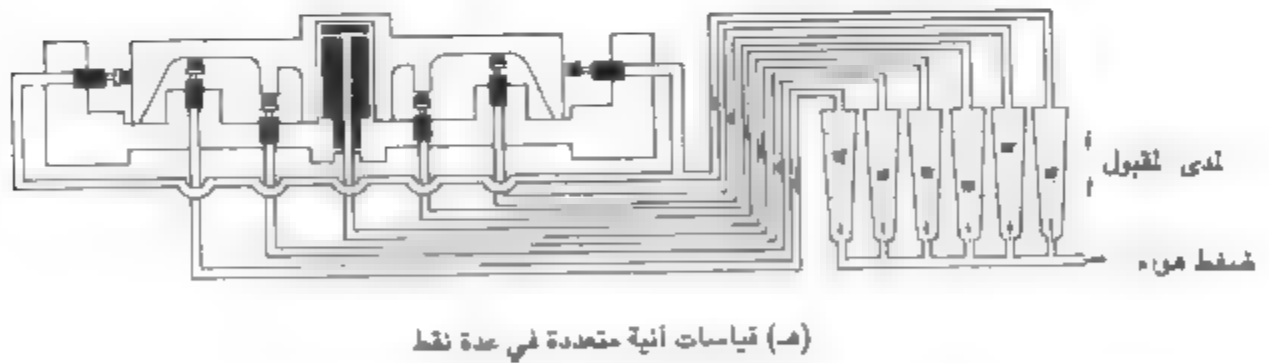
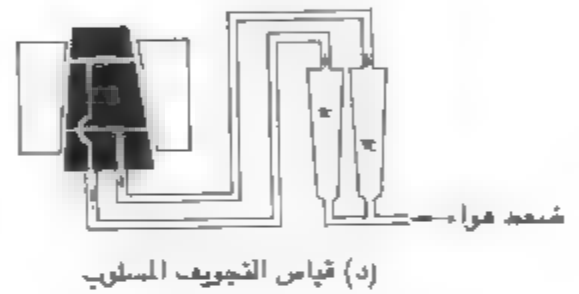
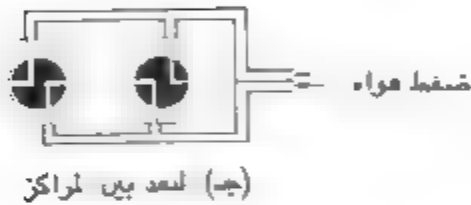
وبين الشكل ٢-٣٣، عدة أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائي عند قياس عناصر ذات أشكال مختلفة. ففي صناعة السيارات والصناعات الأخرى يتم قياس الأجزاء أو الأبعاد المختلفة في آن واحد باستخدام معدات قياس خاصة كما في الشكل (هـ). ويمكن لهذه الطريقة أن تحدد قبول أو عدم قبول المنتجات بإدخال الأجزاء المشغلة ، وهي طريقة ملائمة .

٢ - ٦ - استخدام أجهزة القياس الكهربائية

Electrical Instrumentation

٢-٦-١ خصائص استخدام أجهزة القياس الكهربائية

فيما يلي خصائص الطرق التي تقوم بتحويل الكميات الطبيعية مثل الأطوال إلى كميات قياس كهربائية مثل الفولت ، والمقاومة الكهربائية والمحاثة



الشكل ٢-٢٣ أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائي باستخدام أشكال مختلفة لعنصر القياس

- (١) يمكن تكبير الإشارات بسهولة وتكون حساسية القياس عالية .
- (٢) يمكن قياس الإشارات الكهربائية عن بعد بإتصال سلبي وأحيانا باللاسلكي فقط .
- (٣) تسمح القياسات الأتوماتيكية باتخاذ إجراءات سريعة تقابل التغيرات
- (٤) يمكن حساب الكميات المقاسة وتسجيل النتائج واسترجاعها مرة أخرى
- (٥) يمكن استخدام الإشارات الرقمية عن طريق الحاسب
- ويبين الشكل ٢-٣٤، مثالا للتحويل الكهربائي وبيان القياسات المختلفة للكميات

٢ - ٦ - ٢ نظام التحويل بالمقاومات Resistance Conversion System

[١] الريوستات المنزلق Slide Rheostat

المقاومة الكهربائية تقوم بإعاقة سريان التيار الكهربائي. ويتحدد حجمها (قيمتها) تبعاً للمادة وأبعاد الموصل .

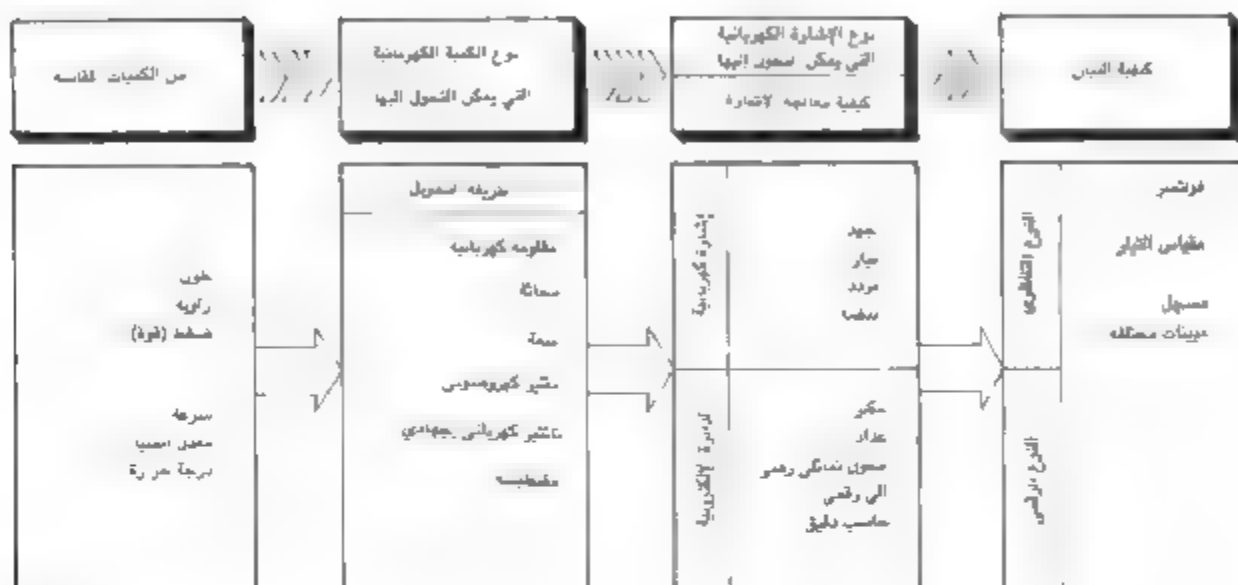
ويمكن التعبير عن المقاومة الكهربائية بالمعادلة التالية

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\Omega) \quad (2-9)$$

حيث ρ : المقاومة النوعية للموصل (أوم . م)

l : طول الموصل (م)

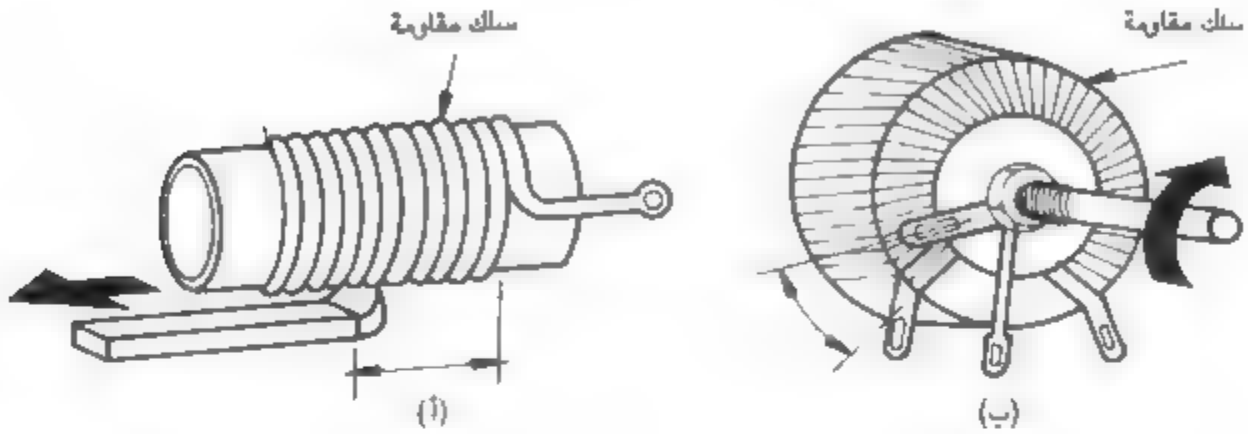
A : مساحة مقطع الموصل (م^٢)



الشكل ٢-٢٤ طريقة التحويل الكهربائية للكمية المقاسة

وتكون المقاومة النوعية للموصلات النحاسية هي 1.72×10^{-8} (أوم متر)،
والمقاومة النوعية لكونستانتان المستخدمة في المقاومات والمركبات الأخرى هي 10^{-8}
 $5 \times$ أوم متر (انظر الفقرة الفرعية [٢] التالية).

والريوستات المنزلق هو جهاز ذو سلك مقاومة ملفوف حول اسطوانة أو حلقة، للحصول على مقاومة كهربائية تبعاً للطول أو الزاوية. (انظر الشكل ٢-٢٥)



الشكل ٢-٢٥ ريوستات منزلق

[٢] مقياس الانفعال نو سلك المقاومة Resistance Wire Strain Gauge

يقيس مقياس الانفعال نو سلك المقاومة الانفعالات عندما يتمدد، لصلب أو المواد الأخرى نتيجة تأثير حمل عليها فيوضع مقياس الانفعال نو سلك المقاومة على الصلب ويتم القياس بتحويل التمدد أو الانكماش في سلك المقاومة إلى مقاومة كهربائية

ولنفرض أن الطول (م) قد تمدد قليلاً بقيمة ΔL (م) عندما يتم شد سلك لمقاومة الرفيع ولنفرض أن المقاومة الكهربائية R (أوم) قد تغيرت قليلاً وزادت بالقيمة ΔR (أوم) في هذا الوقت ، فتكون العلاقة بينهما كما هي المعادلة التالية

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta L}{L} \quad (\Omega) \quad (2-10)$$

يسمى «K» معامل المقياس (معامل الحساسية)، ويتحدد تبعاً لمادة سلك المقاومة

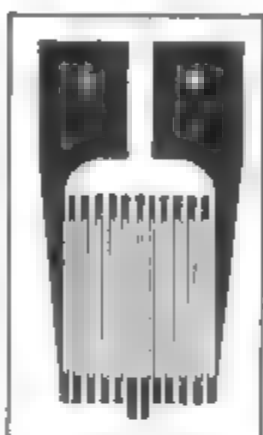
وتصنع أسلاك المقاومة من أسلاك متطورة (نيكل 45% ، نحاس 55%)، وكونستانتان (نحاس 54% ، نيكل 46%)، وحديد - كروم، وأشباه موصلات سليكونية ، ومواد أخرى. ويبين الشكل ٢-٣٦، أشكال المقاومات السلكية ويتم لصق أسلاك المقاومة على ألواح ورقية بلاستيكية أو رقيقة معدنية ، ويتم معالجتها كيميائياً لتستخدم على شكل مشط، وتسمى بمقاييس الانفعال .

عند قياس الانفعال باستخدام مقاييس انفعال ذات سلك المقاومة ، يتم تجليخ أسطح الأجزاء المطلوب قياسها مثل ألواح الصلب بعناية لجعل الأسطح ناعمة ، ويلصق مقياس الانفعال عليها باستعمال مادة لاصقة قوية مثل لصق الفراء الراتنجي . وعند وضع مقياس الانفعال ، يجب أن يكون اتجاه تمدد لوح الصلب متوافقاً مع اتجاه سلك المقاومة

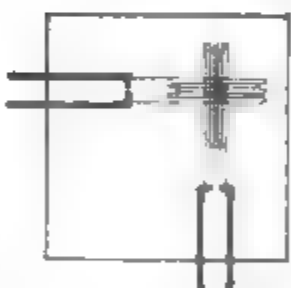
وتكون التغيرات في المقاومة صغيرة، ولذا تستخدم دائرة قنطرة هويتستون Wheatstone Bridge في القياس . فتحافظ القنطرة على الاتزان ولا يظهر أي تغيير في المكبر في حالة $R = b \cdot x = a$ بين قيم المقاومات للأربعة جوانب فإذا تغيرت قيمة المقاومة X قليلاً ، تظهر قيمة في الميزان تبعاً لقيمة المقاومة



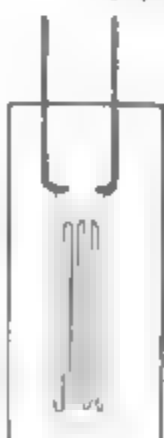
(أ) النوع القياسي



(ب) النوع ودي بحبي الشكل
محدد مقادير



(ج) النوع الرقائقي



(د) نوع شبه موصل

الشكل ٢ - ٣٩ مقاييس الانفعال

ومقياس الانفعال ذو سلك المقاومة هو جهاز مدمج وخفيف وله سمة ممتازة، وهي أنه يمكن قياس الانفعالات (التمدد) والإجهادات عند عدة نقاط في وقت واحد ويستخدم مقياس الانفعال ذو سلك مقاومة في قياس الأحمال، والضغط، والعزوم، وأشياء أخرى، (انظر الشكل ٢-٣٧)

٢-٦-٣ نظام التحويل بالمحاثات Inductance Conversion System

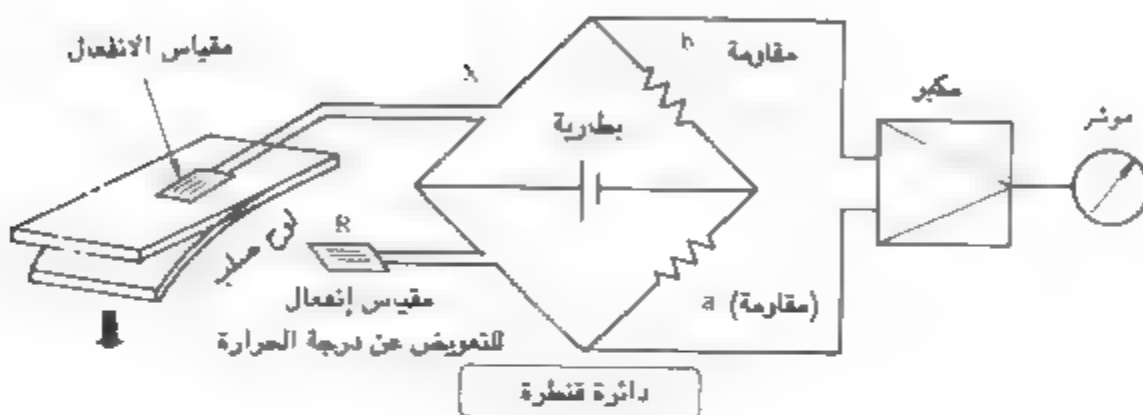
عندما يزيد أو ينقص التيار المار في ملف، يتغير الفيض المغنطيسي الذي يتخلل الملف، مسبباً تولد قوة دافعة كهربائية في الملف وتسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتي، بينما يسمى المعامل الذي يبين درجة الحث الذاتي بالمحثة

وبوضع ملف آخر بالقرب من الملف الأول ليخترق الفيض المغنطيسي، تحدث تأثيرات متبادلة بين الملفات. وتسمى هذه الظاهرة بالحث المتبادل.

[١] الميكرومتر الكهربائي بتحويل المحثة

كما يظهر في الشكل ٢-٣٨، توضع قطعة من الحديد بين الملفات L_1 ، L_2 ، الحاصين بمحول، المحثة، وتتكون دائرة قنطرة من الملفات الثابتة X_1 ، X_2 للميكرومتر الكهربائي بتحويل المحثة. تترن القنطرة عندما تكون القطعة الحديدية موضوعة في المركز بين L_1 ، L_2 ويشير المؤشر إلى الصفر « 0 ». فإذا وضع جزء مطوَّب قياسه على الميكرومتر، يتحرك عنصر القياس تبعاً للسمك (الثخانة)، وتتحرك قطعة الحديد رأسياً لمستوى معه.

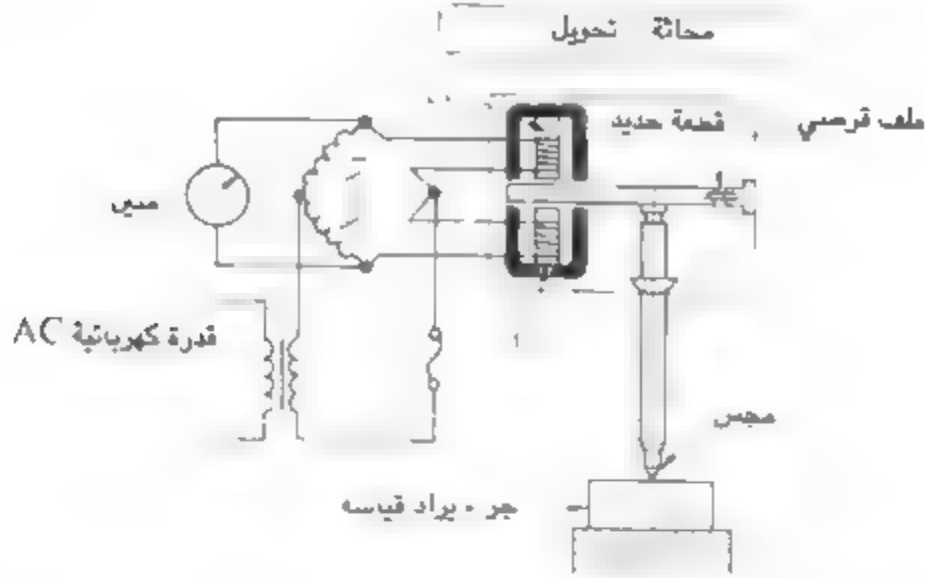
وتصنّف أجزاء المقياس إلى ١ ميكرومتر، ومدى القياس (10 ~ 15) ١ ميكرومتر



تستخدم دائرة قنطرة هويتسمتون لقياس التشنوهات يستخدم أحد فروع قنطرة المقاومة الكهربائية على مقياس الانفعال للقياس ويستخدم الفرع الآخر للقنطرة نفس نوع مقياس الانفعال للتمريض عن الخطأ الناتج من درجة الحرارة

- ١- بدون حمل $a.X = b.R$ يبين المؤشر صفر
- ٢- في حالة حمل $X + \Delta X$ (عدم توازن) \rightarrow يبين الميزن بعض الانحراف

الشكل ٢ - ٣٧ دائرة قياس مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة



عندما تتحرك قطعة الحديد الى أعلى نتيجة إزاحة المجس ، تزيد محاثة الملف L_1 وتنقص محاثة L_2 وتعمل دائرة القنطرة على أن يكون سريان التيار متناسباً مع الإزاحة ونتيجة لهذا ، ويمكن قراءة إزاحة المجس عن طريق المبين .

شكل ٢-٣٨ ميكرومتر كهربائي بتحويل المحاثة

[٢] ميكرومتر كهربائي ذو محول فرقي (تفاضلي)

Differential-transformer Electric Micrometer

كف يرى هي لسكل ٢ ٣٩ ، بوحد ثلاثة ملفات ملفوفه على ميكرومتر كهربائي دي محول فرقي ويتم تطبيق جهد نير منردد (مقد ره 2-3 KHz تقريباً) على الملف الانداسي هي المركز بواسطة مدسب ، يحتوي الملف على قلب متحرك ، هذا وضع القلب متحرك في مركز الملف ، يسوي القوى الدافعه الكهربائيه E_A ، E_B للمولدة في الملف لثابته A ، B ، وهذا تم إزاحة عنصر القياس وتحرك القلب المتحرك ، تتغير القوى لدافعه الكهربائيه E_A ، E_B المولدة في الملفات A ، B ، ايضاً وينم بيان الفرق بين القوتين الدافعتين $E_B - E_A$ كخرج .

وتكون أجزاء المقياس للمبين هي من 0.5 إلى 10 ميكرومتر. ويوجد لبعض المبيئات مدى قياس ١٨٦ ($30 \equiv 150$ ميكرومتر).

ويستخدم المحول الفرقى أساسا مع الميكرومتر الكهربائي. وبالإضافة إلى استخدامه كميكرومتر كهربائي، يستخدم أيضا في التحكم الأوتوماتيكي، كأصراف للكشف في حالة الأنواع المختلفة من الإزاحات الدقيقة.

وللميكرومتر الكهربائي ذي المحول الفرقى، الخصائص التالية

(١) حساسية عالية للغاية.

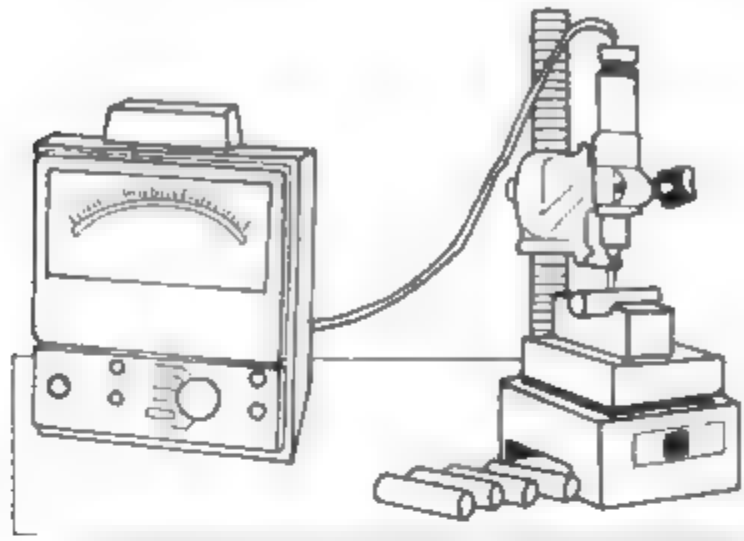
(٢) تكبير عالي، ويمكن الحصول على تكبير مختلف بالانتقاء.

(٣) البه لتحويل حالة من الأخطاء مثل الاحتكاك، بدقة الميكرومتر جيدة.

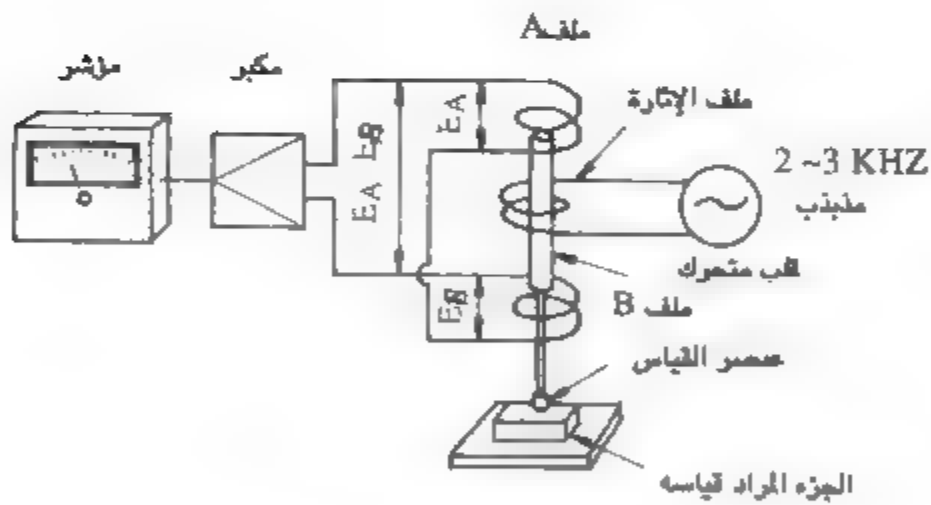
(٤) مدمج وسهل حمله من مكان لآخر، ويمكن تركيبه في العمليات الصناعية بسهولة.

(٥) يمكن استخدامه بسهولة في مختلف أنواع التحكم الأوتوماتيكي والتسجيل.

يستخدم الميكرومتر الكهربائي أيضا كمعدة قياس أبعاد أوتوماتيكية للتحكم في آلات التشغيل، وكما هو مبين في الشكل ٤٠٢، تسمى المعدة التي تقيس المشعولات مباشرة أثناء التشغيل، والتي تعطي إشارات للتحكم في الآلة، «المقياس أثناء العمليات». بينما تسمى المعدة التي تقيس قطعة التشغيل بعد التشغيل، وتعيد نتائج القياس مرة أخرى إلى الآلة عن طريق إشارات، كما في الشكل ٤٠٣، «المقياس بعد العمليات».

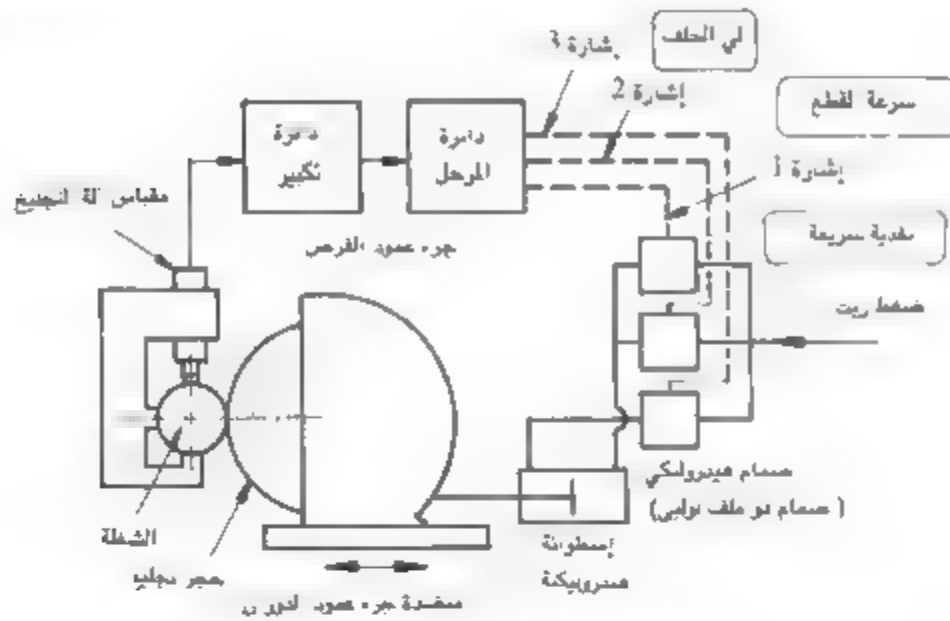


(أ) الشكل الخارجي



(ب) شكل تخطيطي

الشكل ٢- ٣٩ ميكرومتر كهربائي ذو محول فرقي (تفاضلي)



يستطيع المقياس ذو الكاشف قياس شغلة يراد تجليخها عندما تصل قيمة الجزء المقاس إلى القيمة التي تم ضبطها من قبل تعمل الدائرة الكهربائية على إرسال إشارة كهربائية وتعمل الإشارة على تشغيل وإيقاف الصمام الهيدروليكي ثم يتم التحكم في حركة جزء عمود القرص

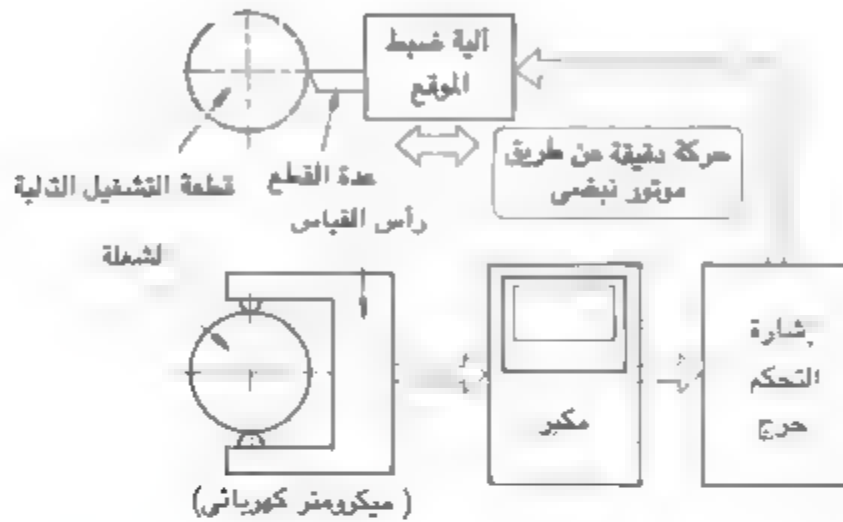
الشكل ٢ - ٤٠ معدات قياس أبعاد أتوماتيكية في آلة تجليخ الاسطوانات

٢-٦-٤ نظام التحويل بالسعة الكهروستاتية (قياس بتحويل المكثف)

Electrostatic Capacity Conversion System

تُخزن لشحنة الكهربائية عند تطبيق فرق جهد بين قطبين معزولين كهربائياً . وفي هذا الوقت ، تتناسب سعة الكهرباء الساكنة طردياً مع مساحة الأقطاب المتقابلة، وعكسياً مع المسافة بينهما .

عند قياس أبعاد الشغلة بعد التشغيل ، يمكن التعويض عن موضع عدة القطع في حالة التشوه بالحرارة ويتم التعويض بطريقة عكسية وعندما يصل عدد مرات التعويض الى عدد مرات معين ، يتم إرسال إشارة لتغيير عدة القطع .



الشكل ٢-٤ تصحيح التآكل في عدد القطع

$$C = \epsilon \frac{A}{l} \quad [F] \quad (2-11)$$

حيث

C : سعة الكهرباء الساكنة (فاراد)

A : مساحة القطب (م^٢)

l : المسافة بين الأقطاب (م)

ε : سماحية العازل بين الأقطاب (فاراد/م)

ويسمح نظام التحويل بسعة الكهرباء الساكنة بالقياس بسرعة عالية ودرجة دقة عالية لمختلف الأبعاد بلا تلامس، بوحدات المليمتر . وبالإضافة إلى قياس سمك المعادن ، يمكنه قياس سمك ألواح الفبيل والأقمشة والأصاف الأخرى. كما يمكن قياس الروايا الدقيقة عند دوران لقطب نصف القرصى . وبستخدام مادة سيراميكية تمتص الماء كعازل بين الأقطاب تنغير السماحية ϵ تبعاً لتغير الرطوبة. ويمكن أن يستخدق لقياس الرطوبة .

٢-٦-٥ نظام التحويل الكهروضوئى

Optoelectric Conversion System

تشمل الأجهزة التى تستقبل الضوء وتحوله إلى إشارات كهربائية الترانزستورات الضوئية وخلايا كبريتات الكادميوم والخلايا الكهروضوئية.

[١] الترانزستور الضوئى Phototransistor

بإضافة كمية صغيرة جداً من الشوائب، إلى بعض المواد الغير موصله ، مثل السليكون ، يمكن الحصول على نوعين من أشباه الموصلات بخصائص مختلفة . ويتوصيل هذين النوعين من الأشباه موصلات مع بعضهما وإسقاط ضوء عند نقطة الوصلة ، تبعث الكترونات ضوئية وتتولد قوة دافعة كهربائية . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئى ، حيث يمكن تحويل كمية الضوء إلى كمية كهربائية

والترانزستور الضوئى مدمج ونو حساسية عالية ويستخدم بكثرة فى مجالات مختلفة من استخدام أجهزة القياس ، وكأجهزة فى الاتصالات الضوئية وكجهاز الكتروضوئى فى التحكم الأوتوماتكى والثنائى الضوئى هو مجموعة مؤلفة من الثنائى المشع للضوء (LED) ، الذى يشع ضوءاً ساطعاً نسبياً بتيار صغير وترانزستور ضوئى

[٢] خلية كبريتات الكاديوم Cadmium Sulfide Cell

من خصائص أشباه الموصلات المصنوعة من كبريتات الكاديوم (CdS)، أن المقاومة الكهربائية لها تنخفض عند تعرضها للضوء. وهي تستخدم بكثرة في كشف الأشعة المرئية وتحت الحمراء. ولها حساسية عالية ولكن استجابتها بطيئة. وتستخدم كمقاييس للتعرض، وكدوائر عد أوتوماتيكية بطيئة نسبياً، ومفاتيح أوتوماتيكية، وكأغراض أخرى.

[٣] الخلية الكهروضوئية Photovoltaic Cell

تنقسم الخلايا الكهروضوئية إلى أشباه موصلات من النوع السيليكوني أحادي البلورة، والنوع غير المتبلور. ونسبة التحويل الكهروضوئية هي 14% - 10 في الخلايا أحادية البلورة، و 8% - 7 في الخلايا غير المتبلورة. وتنتشر الخلايا الكهروضوئية بسرعة كمصادر إمداد بالقدرة (عدة عشرات إلى عدة مئات من الوات تقريباً) في الأنظمة التي لا يديرها الإنسان في الجبال والمناطق البعيدة، وكبديل للبطاريات الصغيرة في الحاسبات الإلكترونية والساعات.

٦-٦-٢ نظام التحويل الكهربائي الإجهادي

Piezoelectric Conversion System

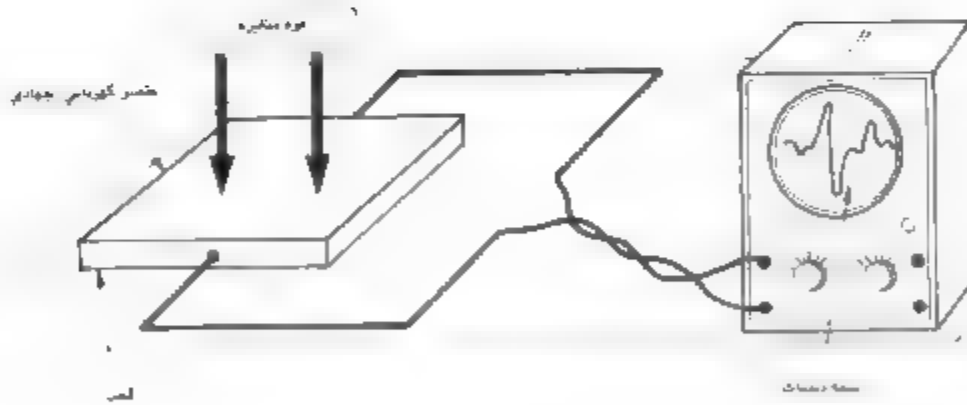
عند وضع قوة شد أو ضغط على بلورات مثل الكوارتز، يتولد جهد على أسطحها وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائي الإجهادي. ويتناسب الجهد المتولد مع القوة التي تسبب الإنفعال، وتكون الاستجابة سريعة تمكن من استخدامها في قياس الإهتزازات وقوى التصادم. ويبين الشكل ٢-٤٢، المعدة التي تقيس تغيرات الإجهاد باستخدام راسعة الذبذبات (ارجع إلى الفقرة الفرعية [٤] التالية)

٧-٦-٢ نظام التحويل المغنطيسي (المقياس المغنطيسي)

Magnetic Conversion System (Magnetic Scale)

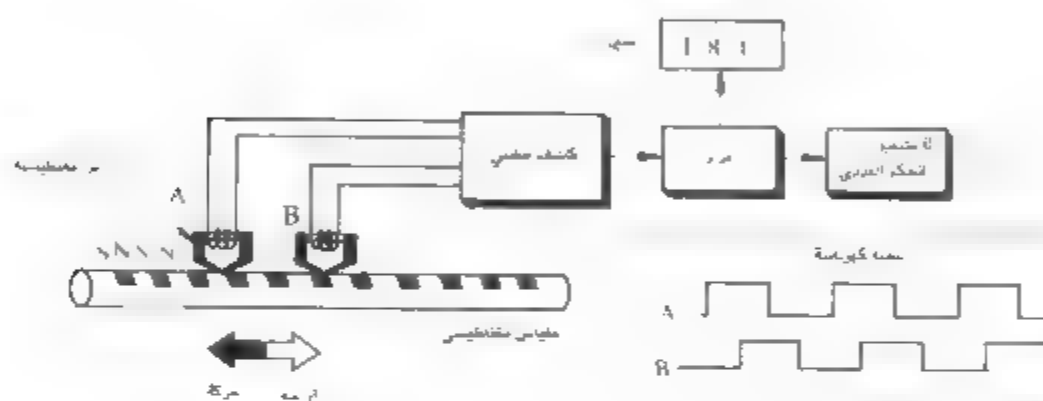
تُرتب قضبان قصيرة من الصلب MK (أحد أنواع الصلب المغنطيسي مكون من 25-27% نيكل ، 12-15% ألومنيوم ، وأقل من 4% نحاس، وأقل من 4% من التيتانيوم والباقي من الحديد) وهي مغنطيسات دائمة ، على مسافات متساوية أو بشكل شريط مغنطيسي مستقيم يتمغنط بالتبديل N-S , S-N , N-S ويسمى المقياس المغنطيسي، ويستخدم لقياس الأطوال .

ويتحريك رأس مغنطيسية ، تتولد نبضات كهربائية بين الملفات B,A



الشكل ٢-٤٢ التأثير الكهربائي الإجهادي

كما في الشكل ٤٣-٢ ويتم عدّ هذه النبضات الكهربائية لتعيين كمية التحرك . ويمكن تعيين إتجاه التحرك عن طريق القصر الزمني بين الملفين B,A ويفترض أن المقياس المغنطيسي يتحرك ناحية اليمين، فإن قعم الملف B تصل بعد وصول قعم الملف A



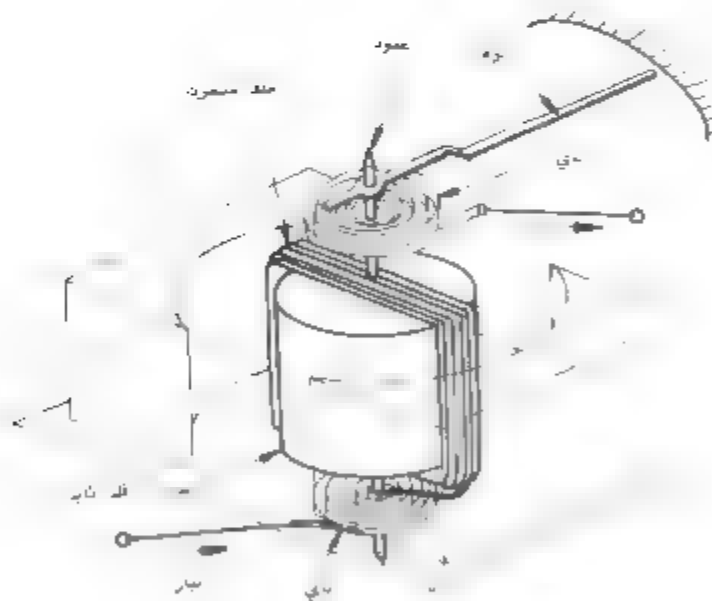
الشكل ٤٣-٢ قياس الطول عن طريق التحويل المغنطيسي

يقاوم عنصر القياس هذا ، البقع والزيوت وهو خالي من أخطاء الحركة الارتجاعية الناتجة من العجلات المسننة والمسامير المسننة . ويثبت في أجهزة القياس ، وآلات التشغيل ذات التحكم العددي (ارجع إلى الجزء ٧ - الفصل العاشر) ، ومعدات أخرى للقياسات الرقمية

٢ ٦ ٨ أجهزة القياس ذات المؤشر Indicating Instruments

[١] الفولتمتر والأميتر Voltmeter and Ammeter

تستخدم أجهزة القياس ذات الملف المتحرك كجهاز قياس لتبين الجهد والتيار في حالة التيار المستمر وكما في الشكل ٢-٤٤ ، يثبت بأجهزة القياس ذات الملف المتحرك ملف متحرك له إبرة بيان، يمكنها الدوران داخل مغناطيس N-S .



عندما يمر تيار في الملف المتحرك تنتج قوة كهرومغناطيسية عن طريق مغناطيس ، وتجعل الملف المتحرك يدور . وعندما تكون القوة مع عزم نابي ، يتوقف عن الدوران وينتج إبرة إيمي بزاوية تبدأ بقيمة التيار في الملف .

الشكل ٢-٤٤ جهاز قياس ذو ملف متحرك

[٢] الأومتر (مقياس المقاومة) Ohmmeter

يجعل الأومتر، المستخدم لقياس المقاومة الكهربائية، الجهد المؤثر على نهايتي المقاومة الكهربائية ثابتاً، ويبين التيار الذي يتناسب عكسياً مع المقاومة الكهربائية وهذه الطريقة هي طريقة القياس بالانحراف ، وهي تبين القيمة المقاسة مباشرة . وتكون دقة البيان للأجزاء ذات المقاومة العالية منخفضة .

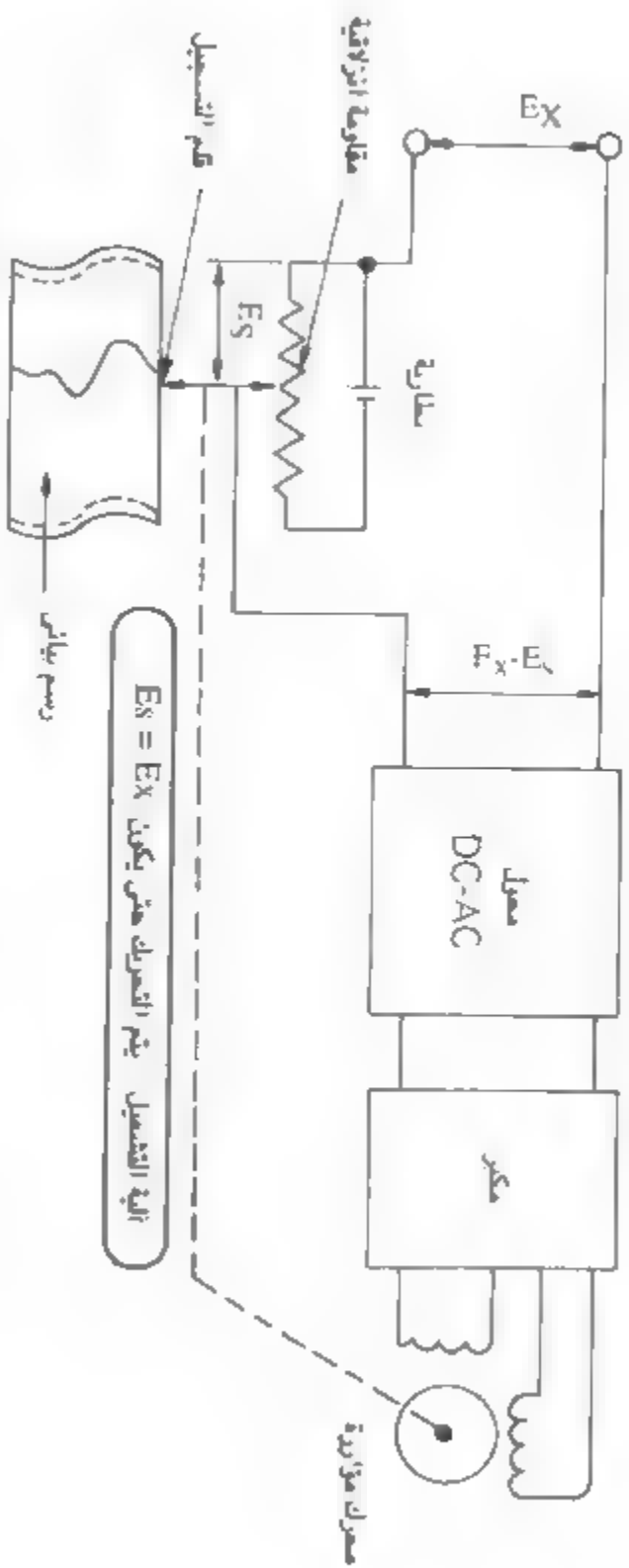
ونوصي باستخدام قنطرة هويتستون كما في دائرة قياس مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة في حالة الدقة العالية .

[٣] المسجل Recorder

تشمل المسجلات، التي تعمل مباشرة ، والتي يثبت فيها قلم تسجيل على مؤشر جهاز القياس ذي الملف المتحرك مثل الفولتمتر والمسجل ذي الاتزان الذاتي ، (انظر الشكل ٢-٤٥) ، والذي يتزن عن طريق محرك مؤازرة (سيرفوموتور) ، (ارجع إلى الفقرة ٢ - الجزء ٤ - الفصل التاسع) .

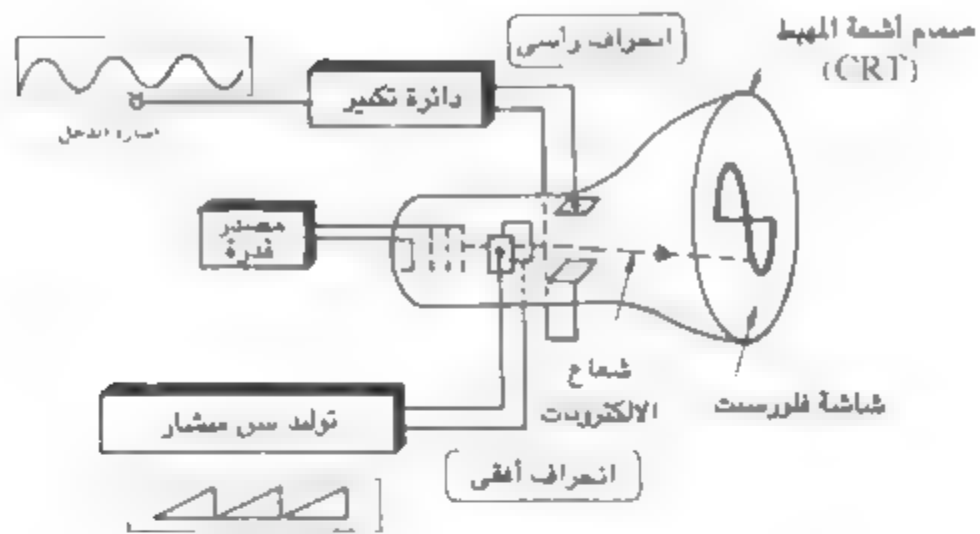
[٤] راسمة الذبذبات Oscillograph

يمكن ملاحظة الظواهر كشكال موجية عند إدخال إشارة كهربائية باستخدام صمام أشعة المهبط (CRT) . وتستخدم راسمة الذبذبات التي تعتمد على هذا المبدأ ، (انظر الشكل ٢-٤٦) ، في تحليل الحركة السريعة مثل دوران محركات الاحتراق الداخلي أو الظواهر اللحظية مثل الصدمات



بمقارنة الجهد المقاس E_s مع جهد 'المقارنة الانزلاقية' E_x للتسجيل. وعندما لا يكون مضطرباً ، يحدد محرك موازنة ليحرك مقارنته الانزلاقية بمقدار $E_y - E_s$ ويمكن ان يسجل قلم التسجيل (على رأس الرقعة) القيمة المقاسة

الشكل ٢-٤٥ مسجل ذو توازن ذاتي



يضيئ شعاع الالكترونات على شاشة فلورسنت ويتم إمداد جهد من المنشار بلوح الانحراف الأفقي وينجذب شعاع الالكترونات إلى الجانب الموجب ثم ينحرف إلى اليمين أو اليسار على الشاشة وتتخل إشارة الدخل وتعرض الأشكال الموجية على الشاشة الفلورسنت .

الشكل ٢ - ٤٦ مبادئ راسمة الذبذبات (أوسيلوجراف)

تعريف ١٢

ماهى العلاقة التى تربط المقاومة الكهربائية والتيار المار فى الأومتر ؟

تعريف ١٣

فكر فى طريقة قياس باستخدام راسمة الذبذبات

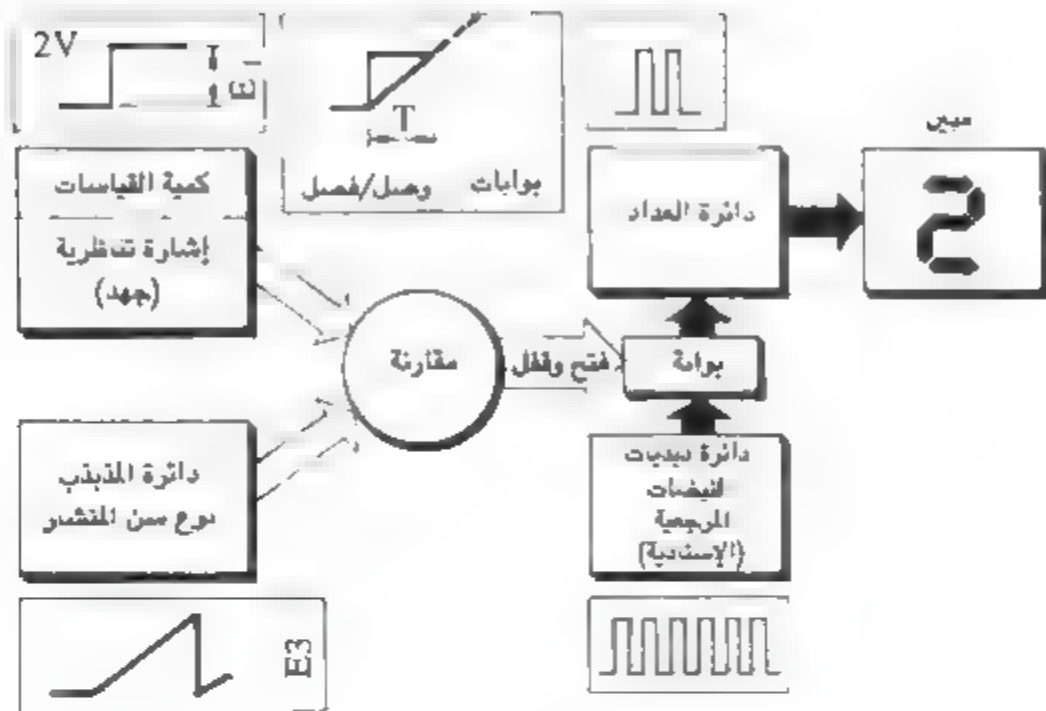
٩-٦-٢ تحويل الإشارات من تناظرية إلى رقمية AD Conversion

تستخدم أنظمة مختلفة للتحويل (AD) وفيه تتحول الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية . وتشرح هذه الفقرة نظام عد النبضات ففي هذه الطريقة تتحول كمية القياس إلى جهد ، يتم استبداله بالزمن، ويظهر عدد النبضات المرجعية خلال هذا الوقت

وباستخدام دائره مذبذب سن المنشار ، يتزايد جهد سن المنشار بنسبة ثابتة ويتم مقارنة الجهد الذي يتم قياسه، كما في الشكل ٢-٤٧ وفي البداية، تفتح البوابة عندما يظهر الجهد المقاس وتولد دائرة مذبذب النبضات المرجعية ، نبضات على فترات منتظمة تقريبا تدخل باستمرار في دائرة العد من خلال البوابة . وفي نفس الوقت تقفل البوابة ، عندما يزداد جهد سن المنشار ويتساوى مع الجهد الذي يتم قياسه . ويتم بيان عدد النبضات، التي دخلت دائرة القياس أثناء فترة فتح البوابة وحتى قفلها ، رقميا

تمرين ١٤

في الشكل ٢-٤٧ ، ماذا يمكن عمله لتحسين حساسية جهاز القياس؟



الشكل ٢-٤٧ التحويل التناظري الرقمي (طريقة عدّ النبضات)

٢ - ٧ استخدام أجهزة قياس الشكل Instrumentation of Shape

١ - ٢-٧ أجهزة القياس الضوئية Optical Measuring Instruments

تستخدم أجهزة القياس الضوئية، بشكل عام، عند ضرورة قياس الأجزاء ذات الأشكال المركبة (المعقدة)، مثل المسامير المسننة والعجلات المسننة (معدبات)، بدقة.

وتستخدم حالياً أجهزة قياس ثلاثية الأبعاد بمساعدة الحاسب.

[١] مجهر العدّة Tool Microscope

يبين الشكل ٢-٤٨، المنظر الخارجي والمسار الضوئي لمجهر العدّة.

ويمكن أن يستخدم مجهر العدّة كجهاز إسقاط ، كما يمكن استخدام بعضها في قياس الارتفاعات

[٢] جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة

Universal Profile Projector

يبين الشكل ٢-٤٩، المسقط الخارجي والمسار الضوئي لجهاز الإسقاط العام ومن الممكن أن نقوم بعمل مقارنة مع الصور المسقطة، وذلك بوضع رسم تخطيطي مرجعي مكبر على الشاشة

٢-٧-٢ أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد

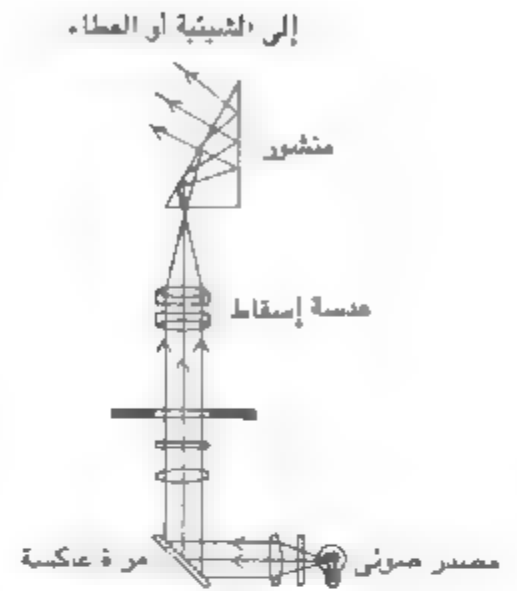
Three- dimensional Measuring Instruments

تقوم أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد بقياس أبعاد وأشكال القطع المشغلة بجعل محاور أجهزة القياس X ، Y ، Z في اتجاهات الأفقي ، والطولي والرأسي .

وتقاس بيانات (معلومات) إحدى النقط بالنسبة للثلاثة محاور في نفس الوقت ، وبهذا تتحقق دقة عالية وسرعة عالية في القياس ، بالإضافة إلى إمكانية معالجة البيانات وتسجيلها ، وذلك بتوصيل أجهزة القياس إلى حاسب دقيق أو حاسب آخر



(أ) الشكل الخارجي



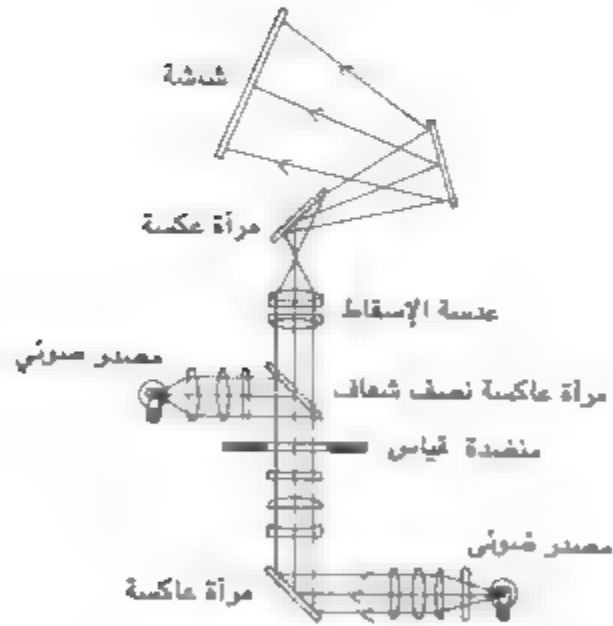
(ب) المسار الضوئي

يجهز جزء القياس بحامل قياس يتحرك للأمام والخلف واليمين واليسار على منضدة دوارة ويشمل نظام التكبير مجهر بمعامل تكبير 10 - 50 مرة وينقل الجزء (المراد قياسه) بالنسبة لخط صليبيه في مجال الرؤية يمكن قراءة الإزاحة بواسطة ميكرومتر ويمكن قراءة الزاوية بمقياس دائري على منضدة دوارة بدوران الجزء المراد قياسه ، أو مقياس دائري على العينية بدوران خط الصليبيه في مجال الرؤية .

الشكل ٢ - ٤٨ مجهر العدّة



(أ) الشكل



(ب) مسار الضوء

يتم إسقاط الجزء المراد قياسه على الشاشة الزجاجية المسنفرة مع تكبير 10-100 مرة

الشكل ٢-٤٩ جهاز إسقاط عام لقياس المظهر الجانبي

وتعطي أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد المزايا التالية .

(١) يمكن قياس الأبعاد بوضع الأجزاء التي يراد قياسها في وضع واحد فقط على لوح سطحي ، بدلا من القياس بتغيير وضع تثبيت الجزء كما سبق . وبهذا تتحقق كفاءة عالية إلى حد بعيد .

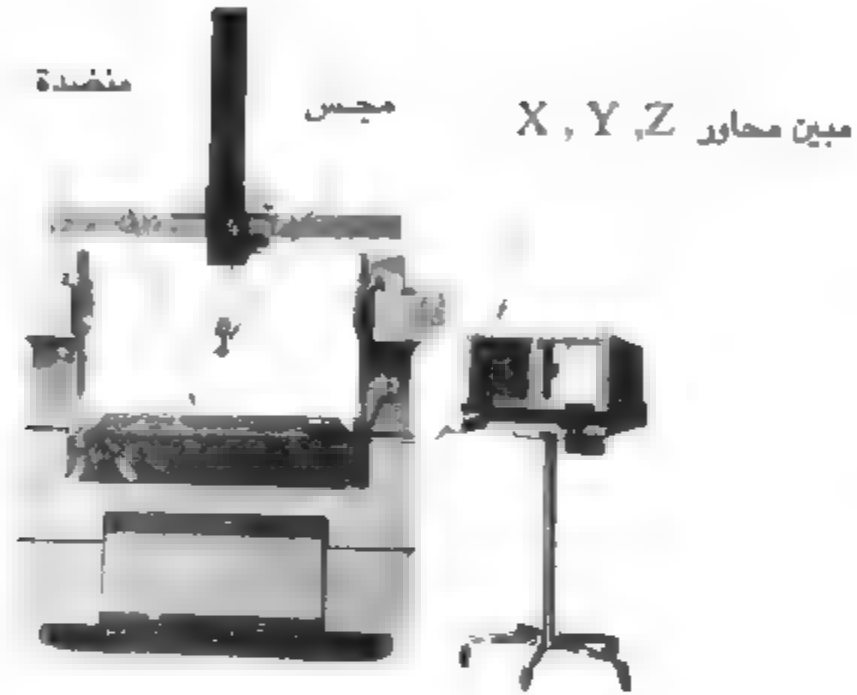
(٢) يمكن قراءة القيم المقاسة أوتوماتيكيا، ويمكن القيام بالقياسات بطريقة أوتوماتيكية وتكون النتائج أكثر فعالية إذا كان للأجزاء التي يراد قياسها نقط أكثر يلزم قياسها وأشكال أكثر صعوبة ويمكن القيام بالقياسات، التي كانت صعبة للغاية من قبل، بسرعة مثل القيام بقياس الأسطح المنحنية الحرة .

(٣) بإضافة معالج بيانات ، يمكن القيام بالحسابات المختلفة ورسم الأشكال بسهولة، وتحسن قدرة القياس بدرجة عالية .

ويبين الشكل ٢-٥ المسقط الخارجي لجهاز القياس ثلاثي الأبعاد

في القياسات ، توضع قطعة التشغيل على المنضدة ويتم تحريك المجس Probe (كاشف لتحديد الموضع عند نقطة القياس)، ويستخدم كرسي تحميل كروي أو هوائي كآلية لتوجيه الحركة وتستخدم آلية تغذية بمسمار مسنن إذا تطلبت القياسات درجة دقة عالية أو تحولت القياسات إلى الأوتوماتيكية لتحريك الموتور بالتحكم بواسطة الحاسب، وتستخدم المحاور Z, Y, X وحدة قياس الطول لنظام البيان الرقمي وهي تستخدم كاشفات إشارة رقمية مثل المشفرات الخطية ومقاييس هُذْبُ مَوَّار والأجهزة الكهروضوئية الأخرى ، والمقاييس المغناطيسية واللات قياس الطول بتداخل الليزر .

وبوضع المجس ملامسا لسطح القياس ، يتم عرض الإحداثيات Z, Y, X لنقط التلامس لتسجيلها على مسجل أو لإدخالها على حاسب يتصل به



الشكل ٢-٥. جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

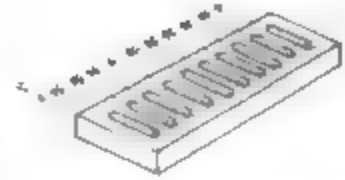
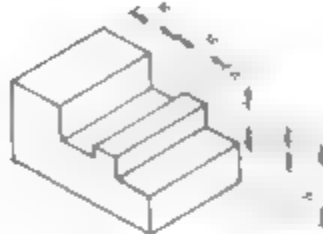
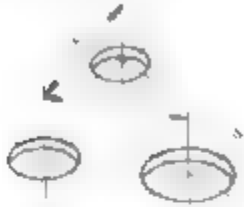
ويمكن استعمال جهاز القياس ثلاثي الأبعاد بكفاءة أكثر بتوصيله مع معالج بيانات واستخدام برامج ويستطيع الحاسب حساب بيانات الدخل ، ويطبع النتائج ويبين الرسوم البيانية باستخدام راسمة $X-Y$ أو المعدات الأخرى ويبين الشكل ٢-٥١، أمثلة قياسات بواسطة أجهزة قياس ثلاثية الأبعاد

الأبعاد، ج بر ٥ الكو

علم الزا

من سطح إلى سطح أو كذا، ك جهورية

معاير لعموده

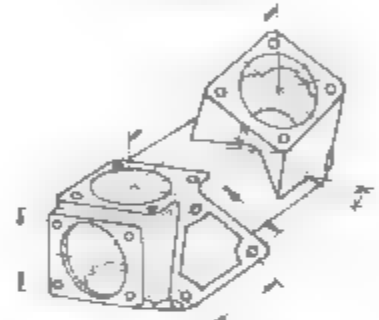
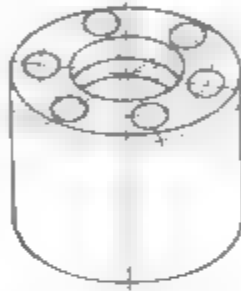
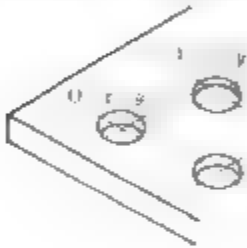


أ. قياس الأبعاد

ج د، ه بر ٥ الكو

هندسة لشيء

شكل جاد



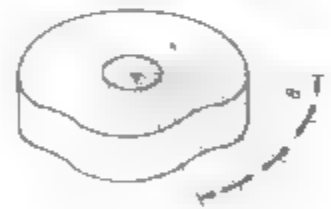
زج، قياس الجاد

(أ) قياس الإحداثيات

شكل سطح منحنى

شكل سطح منحنى

شكل مقطعي سطح منحنى رئيسياً (محدود)



د. قياس انحناء السطح

الشكل ١-٢ ه انقياس عن طريق جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

٢ - ٨ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح

Instrumentation of Surface Roughness

المعادن التي يتم تشغيلها لها أسطح معقدة للغاية حيث ترتفع وتنخفض بشكل غير منتظم وتسمى الأسطح الصغيرة والنتوءات، التي توجد في طول مرجعي ثابت، بخشونة السطح فإذا كانت أطوال الموجات أكبر منها تسمى التموجات السطحية ولخشونة السطح علاقة وثيقة بالاحتكاك ، والتآكل، والتفاوتات في الأبعاد، وعوامل أخرى للأسطح التي يتم تشغيلها، وتؤثر على مظهر الأسطح التي يتم تشغيلها

٢ - ٨ - ١ طريقة التعبير عن خشونة السطح

تحدد المواصفات الصناعية اليابانية JIS ثلاث طرق للتعبير عن خشونة السطح (انظر الجدول ٢-٤).

٢ - ٨ - ٢ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح


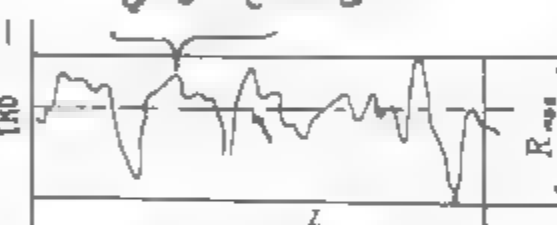

نقاس خشونة لسطح بواسطة طريقة المتتبع ، وطريقة تداخل موجات الضوء وصرف أخرى . و تستخدم طريقة المتتبع في أغلب الحالات.

[١] مقياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

Tracer - method Surface Roughness Meter

يتحرك كاشف مثبت على زلاقة بها إبرة تسجيل ودليل على السطح المراد قياسه ، كما في الشكل ٢-٥٢ ويتم تكبير إشارات الحركة الرأسية لإبرة التسجيل نتيجة لشكل سطح القياس ، وذلك لرسم منحنيات مقطعية على مسجل وحاليا ، يوضع حاسب دقيق خاص في وحدة الحسابات الكهربائية لعمل حسابات سريعة

الجدول ٢-٤ طرق التعبير عن خشونة السطح

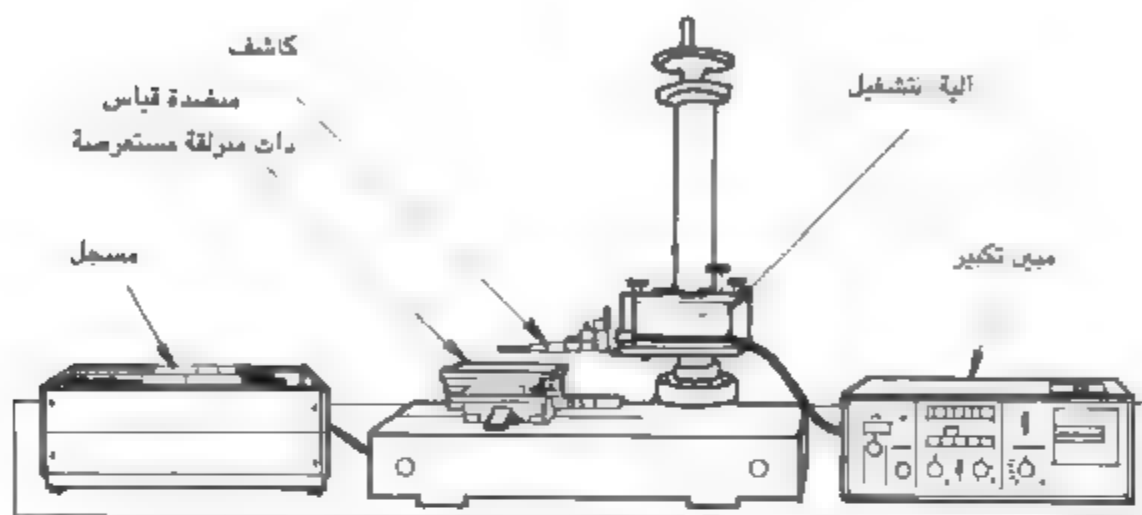
النوع	الشرح
<p>① الخشونة المتوسطة لخط المنتصف (Ra) منحنى الخشونة</p>  <p>طول القياس خط المنتصف</p>	<p>استخلاص طول القياس من منحنى الخشونة، والمجموع الكلي لمساحة الجزء المصنوع بين خط المنتصف ومنحنى الخشونة هو M، وباستخدام المعادلة التالية يكون $Ra = M/L$. ويمكن بيان القيمة مباشرة عن طريق مقياس القراءة المباشرة بسهولة وهي تستخدم كثيراً في هذه الأيام.</p>
<p>② الإرتفاع الأقصى (Rmax) منحنى المقطع العرضي</p>  <p>الخط المتوسط الطول المرجعي</p>	<p>استخلاص الطول المرجعي من منحنى المقطع العرضي، وإتجاه التكبير الطولي بين خطين مستقيمين متوازيين، مع الخط المتوسط لمنحنى المقطع العرضي، يمكن أن يعبر عن أقصى ارتفاع</p>
<p>③ الخشونة المتوسطة لعشر نقاط (Rz) منحنى المقطع الطولي</p>  <p>الخط المتوسط الطول المرجعي</p>	<p>استخلاص الطول المرجعي من منحنى المقطع العرضي، وقياس المسافة بين 5 قمم علوية وخطوط مستقيمة متوازية مع الخط المتوسط، وليست عبر منحنى المقطع العرضي والقياس بين أدنى 5 نقاط قاعية وخطوط مستقيمة، ويمكن التعبير عن الطرق بكل قيمة متوسطة R_z بالخشونة المتوسطة لعشر نقاط</p> $R_z = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} - \frac{R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}}{5}$

(ارجع الى JIS B 0601-1982)

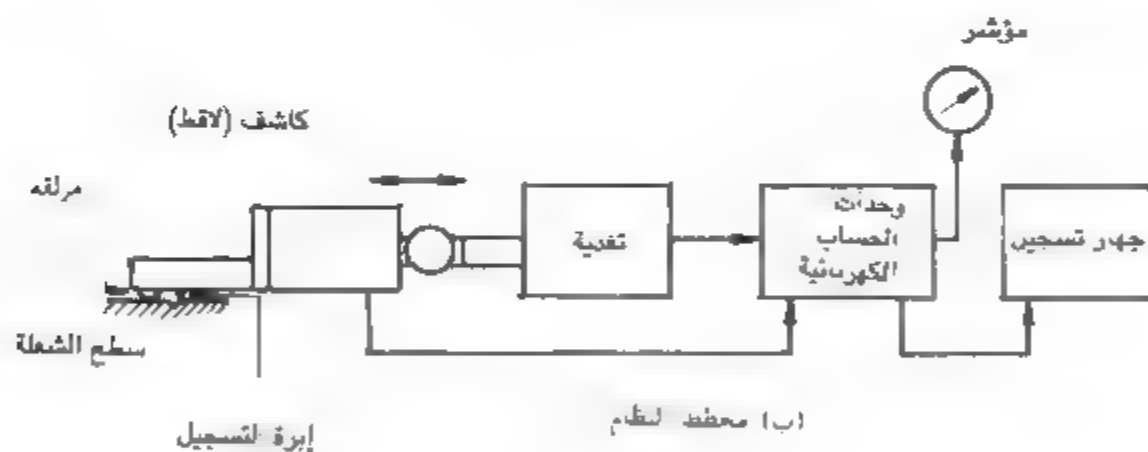
ملحوظة LMD : إتجاه التكبير الطولي

RD : إتجاه التسجيل

L : الطول المرجعي



(أ) الشكل الخارجي

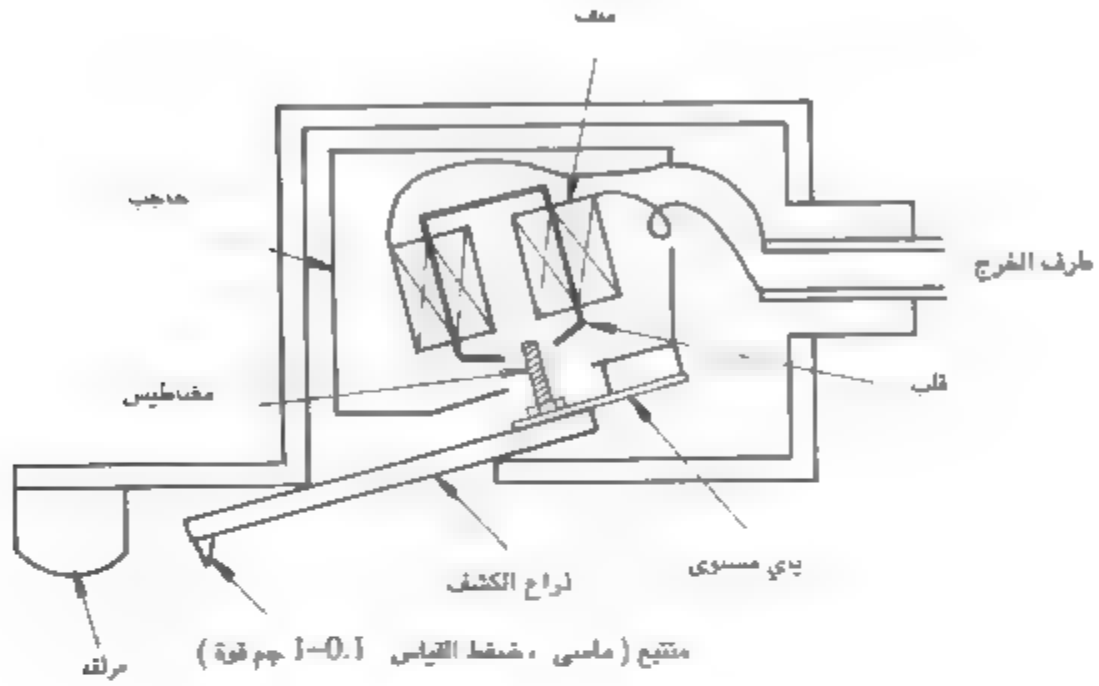


(ب) مخطط النظام

الشكل ٢-٥٢ قياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

ويبين الشكل ٢-٥٢، كاشف من النوع المغناطيسي المتحرك وتعتمد الأنواع الأخرى على تحويل لمحة والمحول الفرقي، (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثاني).

عن طريق الحركة الرأسية للشمع يتحرك المغناطيس حركة دائرية في جزء تثبيت اليد المستوى ونتيجة لذلك يحدث تغير في الفيض المغناطيسي في الملف وتنتج قوة دافعة كهربية نتيجة لحدث الكهرومغناطيسي

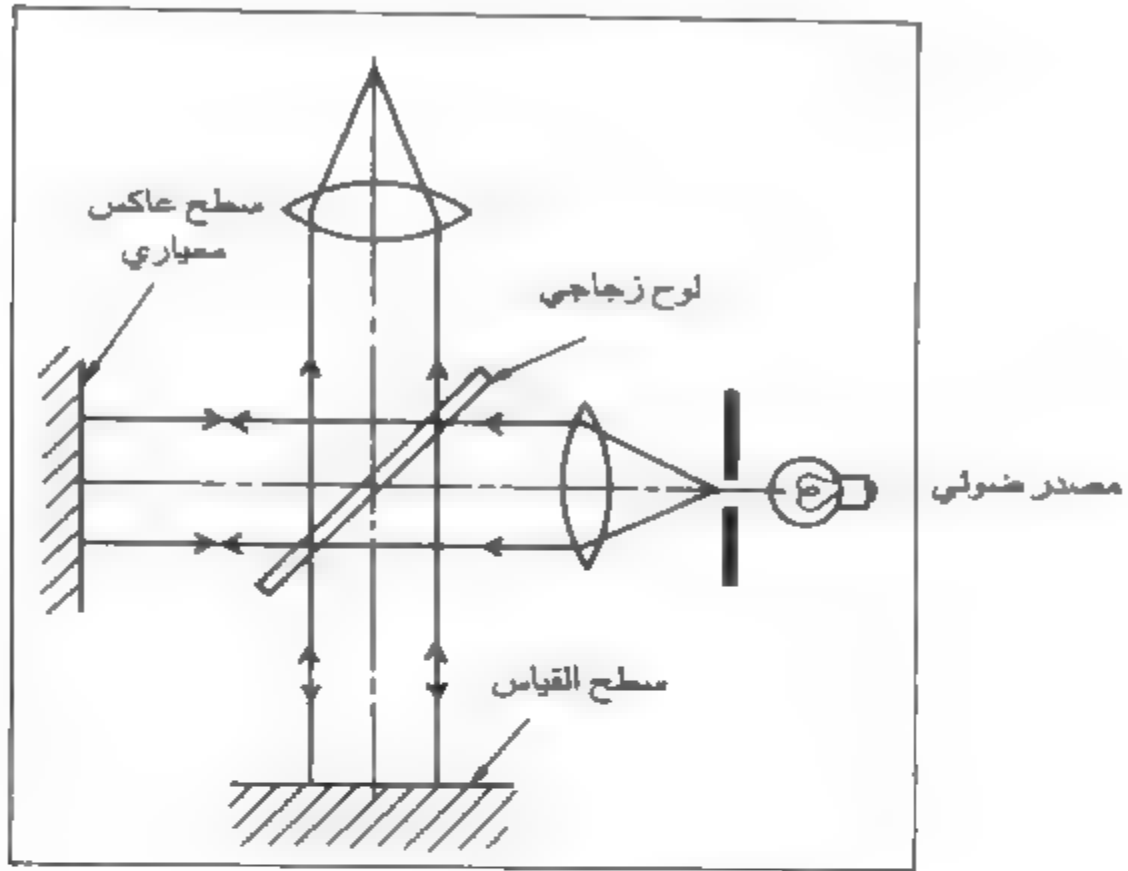


الشكل ٢-٥٢ تركيب الكاشف

[٢] مقياس خشونة السطح من نوع تداخل موجات الضوء

تستخدم طريقة تداخل موجات الضوء لقياس خشونة الأسطح الناعمة تقريبا مثل أسطح المرايا ومع هذا ، فإن مدى القياس يكون محدوداً ويمكن لهذه الطريقة أن تقيس بدقة وبدون تلامس وبدون تشويه الأسطح المقاسة

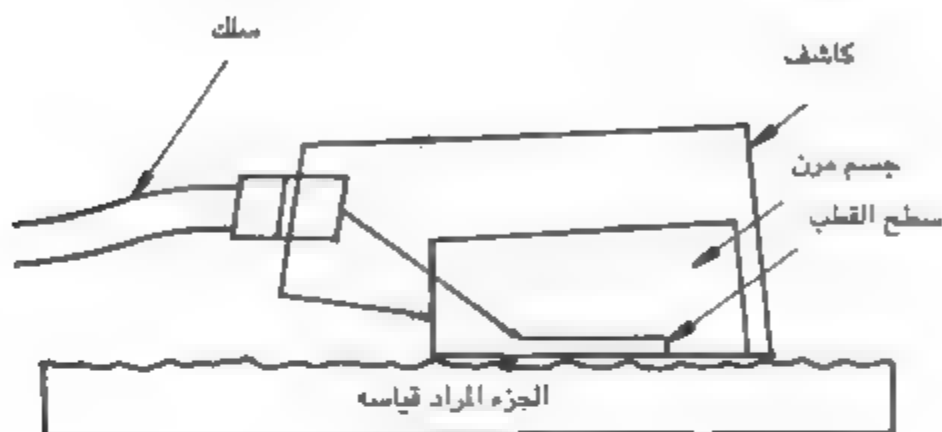
ويبين الشكل ٢-٥٤ ، أساسيات عملها ، فيتم تكبير هُذْب التداخل الناتجة على سطح انعكاس قياسي والسطح المقاس بواسطة مجهر ، وتقاس خشونة السطح بالملاحظة أو بالتصوير الفوتوغرافي



الشكل ٢-٥ مبدأ تداخل الموجات الضوئية

[٣] مقاييس أخرى لخشونة السطح

يستخدم حالياً ، مقياس خشونة سطح بسيط من النوع السعوي الكهربائي وهو يقيس ببساطة انحراف المتوسط الحسابي للمظهر الجانبي (R_a) وكما يظهر في الشكل ٢ ٥٥ ، تكشف هذه الطريقة التغيرات في السعة الكهربائية بين أقطاب الكاشف بسبب الخلوصات الصغيرة الناتجة من شكل السطح المقاس



الشكل ٢-٥٥ كاشف من نوع السعة الكهربائية

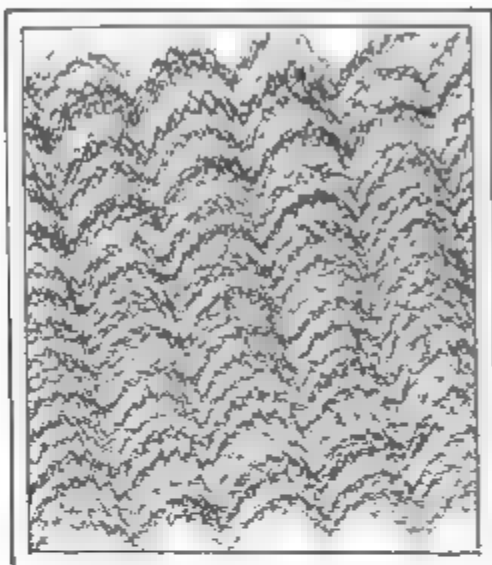
وتقيس مقاييس خشونة السطح ثلاثية الأبعاد خشونة السطح تعاماً، بالإضافة إلى

R_z , R_{max} , R_a فقط

ويبين الشكل ٢ ٥٦، رسماً بيانياً مكبراً، يسجل في وقت واحد أكثر من 100 منحنى

قطاعي، بإدخال سطح مفرز طولياً على فترات ثابتة والمنحنى القطاعي العادي هو أحدها

فقط وتفيد هذه الطريقة في معرفة اتجاه أحد أسطح التشغيل تعاماً



هيئة القياس - سطح مغرز

ضروف القياس :

التكبير الطولى (Z) 2000 مرة

التكبير الجانبي (X) 20 مرة

التكبير المستعرض (Y) 20 مرة

(خطوة التسجيل 2مم)

(خطوة التتبع 100 ميكرومتر)

يبين الشكل جزء من المساحة

التي يتم قياسها

(6 مم × 9.5 مم)

الشكل ٢-٦ ه قياس خشونة السطح في الثلاثة أبعاد

تمريـنات

١ - اشرح أسباب تغيير المرجع في الطول من المعيار الخطي إلى موجات الضوء وإلى سرعة الضوء

٢ - اذكر أسباب استخدام قوالب القياس المعيارية في المصانع وغرف التفتيش بكثرة

٣ - إذا كان طول مقياس طولي نحاسي (معامل التمدد الطولي $19 \times 10^{-6} C^{-1}$) هو 1000 مم عند قياسه بمقياس معياري (معامل التمدد الطولي $11.5 \times 10^{-6} C^{-1}$) مصنوع من صلب خاص .

فإذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري والمقياس الطولي هي $25^{\circ}C$ و $30^{\circ}C$ فما هو طول المقياس الطولي عند درجة الحرارة المعيارية ($20^{\circ}C$) ؟

(الإجابة : 999.868 مم)

٤ - إذا كانت درجة حرارة قالب قياس معياري طوله 100 مم موضوع في مكان هي $15^{\circ}C$ ، قد زادت بمقدار $15^{\circ}C$ نتيجة حرارة اليد

فما هو بُعد قالب القياس المعياري عند هذا الوقت ؟

معامل لتمدد الصولي لقالب القياس المعياري هو ($11.5 \times 10^{-6} C^{-1}$)

(الإجابة: 100.0115 مم)

٥ - اشرح استخدامات مسمر ضبط القدمة ذات الورنية وماسك الميكرومتر

٦ - ماهي الأسباب المحتملة لأخطاء الميكرومتر ؟

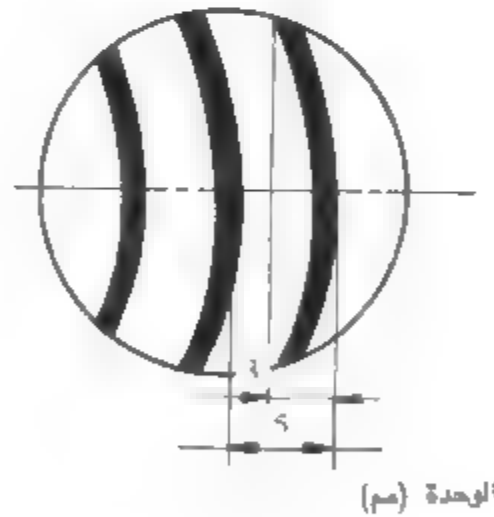
٧ - احسب مقدار الإنفعال المرن عند ضغط سطحين كرويين معاً، أقطارهما 15 ، 20 مم ، في حالة ضغط قياس يساوي 1.5 كجم قوة (kgf)

(الإجابة: 1.2 ميكرومتر)

٨ - اشرح المميزات التي يحققها الذراع الضوئي .

٩ - بالنظر إلى هُذُب التداخل في الشكل ٢-٥٧ ، وبافتراض أن المسافة المركزية لهُذُب التداخل هي 5 مم ، وأن منحنيات هُذُب التداخل هي 3مم، وأن طول موجة الضوء هو 0.6 ميكرومتر، فما هو مقدار الإستواء؟ (أنظر الشكل ٢-٢١)

(الإجابة: 0.2 ميكرومتر)



الشكل ٢-٥٧

١٠- اذكر أمثلة لاستخدام أشعة الليزر و اشرح أسباب استخدام أشعة الليزر في مجالات مختلفة

١١- اذكر أمثلة لاستخدام المُشفرات النبضية والدوارة

١٢- اشرح أسباب تفضيل الميكرومتر الهوائي في قياس الأقطار الداخلية.

١٣- اشرح أمثلة القياسات التي يستخدم فيها مقياس الانفعال نوسلك المقاومة

١٤- احسب التغيرات في قيمة المقاومة في حالة انفعال مقداره 0.005 على مقياس الانفعال مع مقاومة قيمتها 120 أوم . بفرض أن معامل المقياس هو 2

(الإجابة: 1.32 أوم)

١٥- أعد تصنيف للميكرومترات الكهربائية بناءً على تركيبها الكهربائي، واذكر أمثلة للمقاييس النموجية

١٦- اذكر طرق تحويل الإزاحات التالية كهربائيا

(١) إزاحة خطية لا تتطلب دقة

(٢) إزاحة خطية دقيقة

(٣) كمية الضوء

(٤) إزاحة دائرية تتطلب دقة

(٥) البيان الرقمي لحركة مسمار مسنن برأس كروية

هوامش

(١) الفرق بين القيم العظمى والصغرى في الرسم البياني للأخطاء لكل مدى القياس عندما يدخل العمود .

(٢) دقة الذهاب لأول 1 مم (المدى الضيق) في مدى القياس عندما يدخل العمود

(٣) الفرق بين الأخطاء في أوضاع العمود هي مسافة 0.1 مم في المدى الضيق في كلتا الحالتين عندما يدخل العمود أو يخرج .

(٤) ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢ - الفصل الثاني .

(٥) أقصى فرق في القيم المبينة عندما يتكرر القياس في الحالة التالية في وضع اختياري لمدى القياس

(أ) اصطدام عنصر القياس بمستوى بحيث لا يحدث له تشويه، بقدر الإمكان ، في حالة سرعات مختلفة .

(ب) حرك لوح مستوى متوازي متلامس مع عنصر القياس في أي اتجاه داخل مستوى رأسى واحد على خط محور العمود

(٦) كمية انحراف الجزء المستقيم من الآلة من الخط المستقيم الحقيقي

(٧) في جميعه لأجزاء مستقيمة ومستوية لآلة، والتي يجب أن تكون متوازية، فإن قيمة القص تأخذ في الاعتبار الجزء المستقيم والمستوي المتعامدان على بعضهما كمرجع

(٨) عاكس مطلي بالفضة ليمرر $1/2$ الضوء الساقط

٩) قرص مصنوع من زجاج ذي نوعية عالية أو زجاج كوارتز وله استواء جيد للغاية على أحد الجانبين أو كلاهما، (JIS B 7430 - 1977).

١٠) طريقة قياس لتحقيق كمية تم تعريفها واستعمالها

١١) كلمة «ليزر» تعنى تكبير الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع فى سنة ١٩٦٠،
نحج ميمان Meimann من الولايات المتحدة فى الحصول على شعاع ليزر
باستخدام الياقوت لأول مرة

١٢) ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦ - الفصل الثاني

١٣) يستخدم ليزر أشباه الموصلات أساساً .

١٤) يستخدم الليزر الغازي (He .Ne) أساساً

١٥) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، (يونيوم - ألومنيوم جارنيت)، وأنواع
أخرى

١٦) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، ارجون وأنواع أخرى

١٧) يستخدم ليزر بخار النحاس ، والخصب وأنواع أخرى

١٨) ترسم خطوط رفيعة جداً ومتوازية على فترات متساوية

الفصل الثالث

استخدام أجهزة قياس الكتلة والقوة

INSTRUMENTATION OF MASS AND FORCE

٣ ١ استخدام أجهزة قياس الكتلة

الوحدة الأساسية للكتلة هي الكيلوجرام (رمز الوحدة كجم) وفي البداية، فقد تم الحصول على الكيلوجرام النموذجي (١) الدولي الأول لتحديد 1 كجم على أنه كتلة 1000 سم³ من الماء عند ضغط جوي واحد ودرجة حرارة أقصى كثافة. ومنذ ذلك الوقت تم تعريف الكيلوجرام النموذجي الدولي كمرجع للكتلة حالياً ومن الناحية العملية، نستخدم الأوزان ذات الدقة المضمونة عن طريق الاختبارات التي تتبع قانون القياسات، كمرجع.

تقاس كتلة الأشياء بموازنتها بالأوزان ذات الكتل المعروفة، باعتبار أن الجاذبية (أوزان) تؤثر على الأشياء التي يراد وزنها. ولذلك، لا يمكن قياس الكتلة مباشرة

ويعبر عن الأوزان بمقدار الجاذبية التي تؤثر على الشيء. والكتلة دائماً ثابتة غير أنه، توجد حالة جاذبية دقيقة في مركبة الفضاء في الفضاء، ولا يكون الوزن ثابتاً حيث يتم الوزن

ويستخدم الكيلوجرام بكثرة (رمز الوحدة كجم قوة kgf) كوحدة للوزن وهذا هو مقدار القوة التي تعطي عجلة مقدارها 9.80665 م/ث²، عندما تؤثر قوة على جسم كتلته 1 كجم. ولذلك، فإن الوزن - عندما يقاس نفس الجسم في مكان تكون عجلة الجاذبية فيه هي g والتي تختلف عن القيمة المعيارية - سيكون $\frac{g}{9.80665}$ مرة مثل الكتلة

تمرين ١

عجلة الجاذبية في طوكيو وقاعدة شوا تساوى 9.797631 م/ث^٢ و 9.825256 م/ث^٢ بالترتيب .
فما هو الفرق في وزن جسم كتلته 5 كجم ؟
(الإجابة . الوزن في قاعدة شوا أثقل بمقدار 0.0141 كجم)

١-١-٣ الميزان ذو المنصة (الطبلية) Platform Scale

يزن هذا الميزان الكتل باستخدام الآلية المبينة في الشكل ١-٣
وبفرض أن المسافات بين نقط الارتكاز للأذرع Y, V في الشكل هي

$$\text{(ثابت)} = \frac{h}{f} = \frac{d}{k}$$

وعليه تنتقل جميع الأحمال بدقة إلى العمود الموازن بصرف النظر عن مكان وضع الحمل ، ويمكن كشف الكتلة بواسطة عمود الميزان .

ويمكن أن يزن الميزان ذو المنصة كتلاً كبيرة نسبياً. والموازين اليدوية من هذا النوع غالباً ما تكون أقل من 2 طن (رمز الوحدة t [طن]) - أو ميغا جرام (رمز الوحدة Mg) بالوحدة الدولية ، 1 طن = 10^3 كجم = 10^6 جم = 1 ميغا جرام (Mg) بالنسبة لسعة الوزن وسعة الوزن هي أقصى كتلة يمكن أن يزنها الميزان بسهولة ودقة.

وتشمل موازين المنصات الكبيرة موازين الشاحنات ، وهي تستطيع وزن شحنة عربة شحن أثناء تحميلها عليها وأساسيات الوزن في هذه الحالة هي نفسها مثل أساسيات الميزان بمنصة وتبين بعض الموازين الأوزان رقمياً بتحويل الانفعالات الميكانيكية التي تنتج عن كل نقطة ارتكاز للمنصة إلى كميات كهربائية حيث لا تستخدم أذرع

٢-١-٣ Balance الميزان

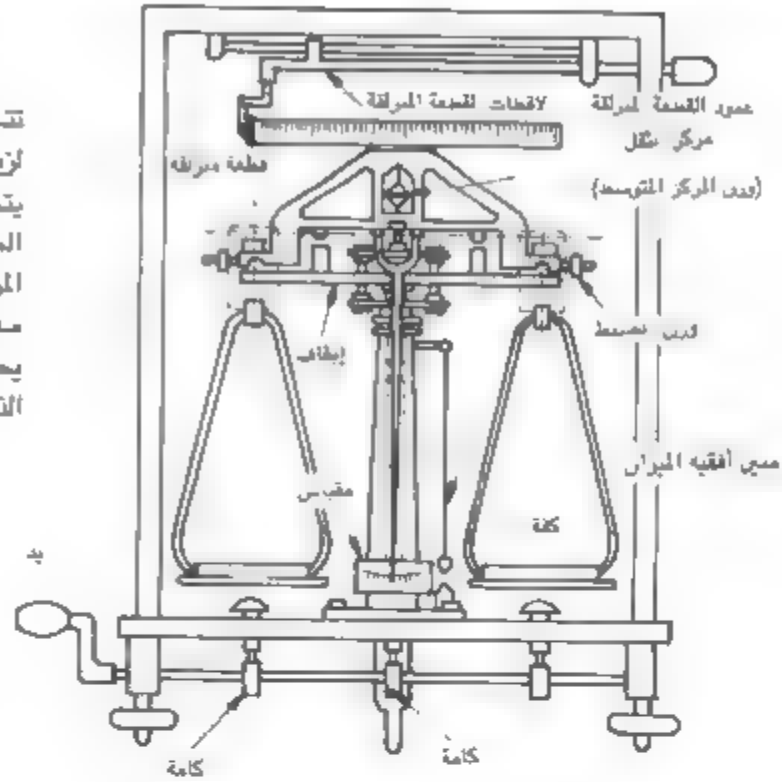
[٨] الميزان

للميزان تركيبة مبينة في الشكل ٢-٣ وتتساوى أطوال الأذرع على اليمين واليسار ويتم وزن الكتلة بموازنة الجسم المطلوب وزنه والأوزان المعلومة وهذا النوع من الموازين هو الأكثر دقة بين المقاييس

$$(5 \times 10^{-4} \sim 10^{-8}).$$

وعند طلب درجة دقة في الوزن ، تستخدم طريقة سعة الوزن المضاعفة للتخلص من الأخطاء الناتجة من الفرق في الأطوال لذراعي الميزان

تتغير حساسية الميزان تبعاً
لزيادة أو نقص الحمل ولذلك
يتم ضبطها للحصول على
الحساسية الانفصل بتحريك وزن
المركز المتوسط (مركز الثقل)
مقلوب الإحساس هو أقل كتلة
يحسن بها الميزان وهي المقدار
الذي يغير 1/2 كل مقياس



الشكل ٢-٢ الميزان

طريقة سعة الوزن المضاعف : Double Weighing Capacity Method

يوزن الجسم المطلوب وزنه والأوزان مرتين، وذلك بوضعهم بالتناوب على الكفات اليمين واليسار ،

وبفرض أن قراءات الوزن عندما يوضع الجسم على الكفة اليسرى وعندما يوضع على الكفة اليمين هي M_1 و M_2 للجسم المطلوب وزنه ، يمكن حساب كتلة الجزء المراد قياسه بالمعادلة التالية :

$$M = \sqrt{M_1 \cdot M_2} \cong \frac{M_1 + M_2}{2} \quad (3-1)$$

[٢] ميزان القراءة المباشرة Direct - reading Balance

يمكن لهذا الميزان قراءة كتلة الجسم المطلوب وزنه مباشرة ويبين الشكل ٢-٢، مثلاً لميزان الكتروني .



الشكل ٢-٢ ميزان القراءة المباشرة (الميزان الالكتروني)

والآلية المستخدمة في الميزان الالكتروني هي أنه يتم الكشف عن الكتلة كمقدار انحراف جسم مرن بدقة عالية بواسطة خلية حمل (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢ - الفصل الثالث) ويتحول مقدار الانحراف إلى مقاومة كهربائية يتم بيانها رقمياً بعد تكبيرها

ويمكن تغيير سعة الوزن وحد القراءة بسهولة وله برنامج أوتوماتيكي لإجراء عملية المعايرة ، وبذلك يمكن إجراء المعايرة أوتوماتيكياً بمجرد وضع وزن مرجعي قبل العمل. ويمكن إضافة معالجات بيانات وطابعة للقيام بالوزن بكفاءة

وبالإضافة إلى درجة الحرارة ، تنتج الأخطاء في الميزان الزنبركي نتيجة التخلفات في مرونة الياي أو الاختلافات في مواقع الوزن (عجلة الجاذبية) ولذلك ، تكون الدقة في الميزان الزنبركي غير عالية ($10^{-2} \times 4$) ، غير أنه يستخدم بكثرة، حيث أنه منخفض التكاليف ويمكن تداوله بسهولة وحاليا ، ينتشر استخدام الموازين الرقمية الزنبركية، والتي تستخدم محول فرقي أو خلية حمل في كاشف الحمل وذلك للقيام بالعمليات الحسابية، (انظر الشكل ٣-٥) .



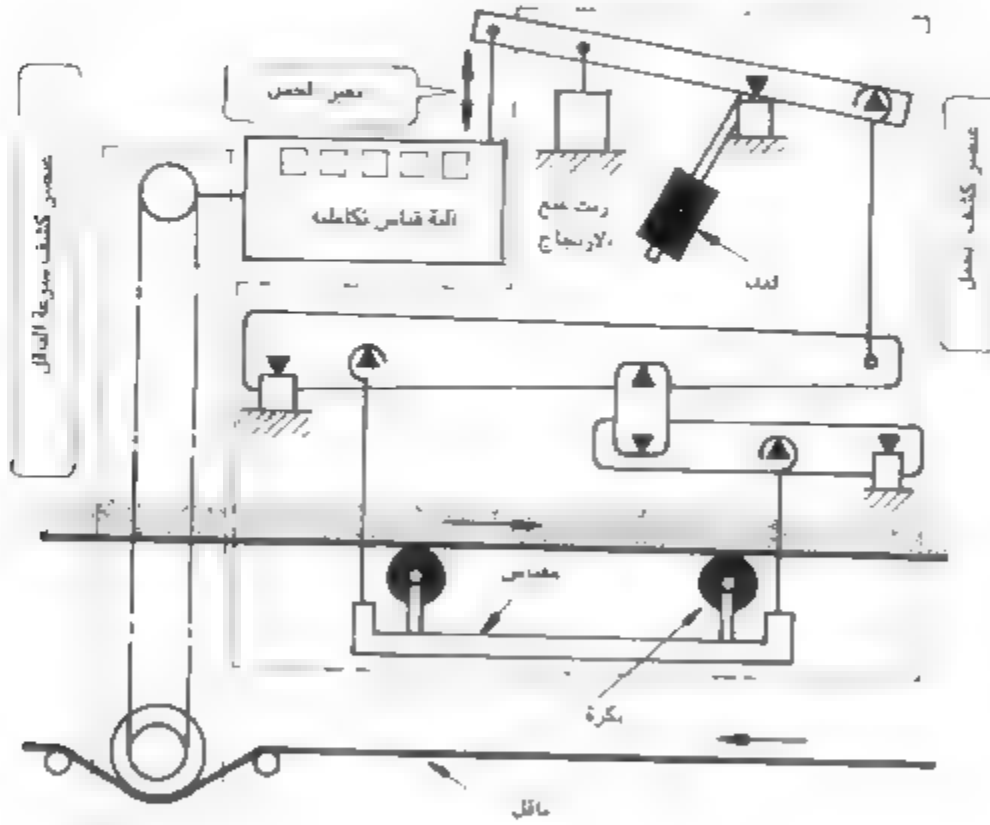
الشكل ٣-٥ ميزان رقمي

٣-١-٤ الميزان الصناعي Industrial Scale

الموازين الصناعية تزن أحمالاً، بالإضافة إلى فصل الأشياء أوتوماتيكياً وبكفاءة للتسجيل والتكامل . وأكثر من هذا ، فهي تدمج مع آلات التعبئة الأوتوماتيكية والبيانات

[١] ميزان الناقل Conveyor Scale

كما يرى في الشكل ٦-٣، يُستقبل الحمل الموضوع على الناقل الخاص بالميزان بواسطة بكرات ، ويقيس الميزان تغيرات الحمل بواسطة آلية موازنة باستخدام ذراع ويتم اكتشاف سرعة الناقل بشكل منفصل، وتحسب الأوزان بعمل تكامل مستمر لها باستعمال آلية تكامل أوتوماتيكية



الشكل ٦-٣ ميزان الناقل

هذا، وبعض الموازين ذات الناقل ، المستخدمة في الخلط المستمر للمواد الخام وفي أغراض أخرى ، تسمى نظام التحكم الكمي - وهي تقوم بالتغذية باستمرار بكمية ثابتة، وذلك بالتحكم في سرعة الناقل وفتح بوابة مخزن المواد الخام

[٢] الميزان القابوسي Hopper Scale

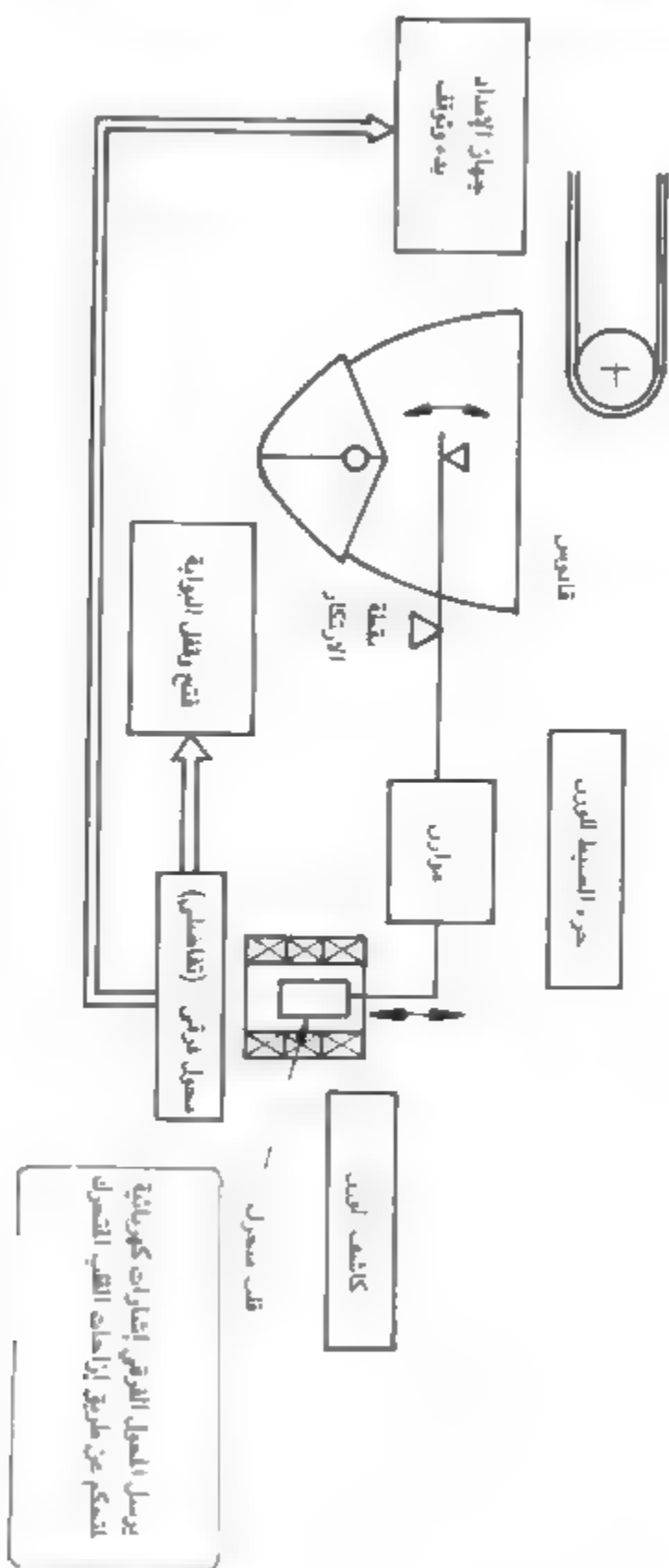
كما هو مبين في الشكل ٣-٧ ، يتم الوزن باستخدام الميزان القابوسي بوضع كتل من مسحوق حبيبي أو مواد سائلة في وعاء . ويتزن الميزان عندما يصل وزن المادة التي يتم وزنها إلى الكمية التي سبق ضبطها . فيرسل كاشف الوزن إشارة لإيقاف معدات الإمداد وفتح بوابة القادوس لتفريغ المادة وهذه هي الآلية التي تستخدم بكثرة في الميزان القابوسي وعند وزن مادة لاصقة ، تلتصق المادة على الحوائط الداخلية للقادوس، ولا يمكن تفريغها بالكامل . وفي هذه الحالة تقلل البوابة عندما تصل الكمية المتبقية إلى المقدار الذي تم ضبطه ليتم التفريغ باستمرار بكمية ثابتة

وفي صناعات المواد الغذائية والكيميائية والصناعات الأخرى يدمج الميزان القابوسي مع ماكينات التعبئة الأوتوماتيكية .

٣ ٢ استخدام أجهزة قياس القوة

١-٢-٣ مرجع (إسناد) القوة Reference of Force

تكون لوحدات قياس مستويات القوة العلاقات التالية



الشكل ٧-٣ الميزان القانوني

$$1\text{N (نيوتن)} = 1 \text{ كجم} \cdot \text{م/ث}^2$$

$$1\text{dyne (داين)} = 10^{-5} \text{ نيوتن}$$

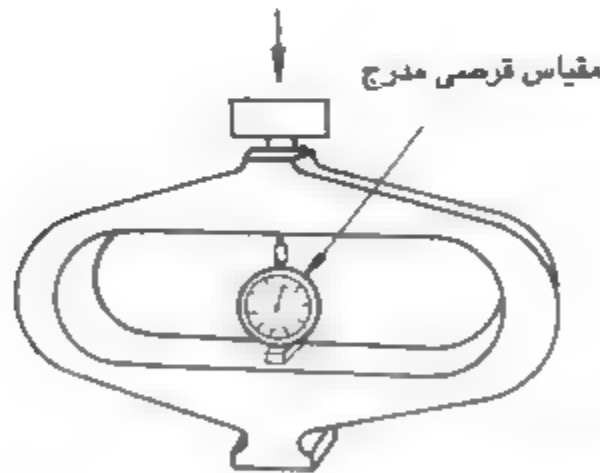
$$1\text{kgf (كيلوجرام قوة)} = 9.80665 \text{ نيوتن}$$

وبشكل عام ، تستخدم مصانع المعدات الآلية الوحدة kgf (كيلوجرام قوة)

٢-٢-٣ صندوق المعايرة المرن Elastic Standardizing Box

يصنع هذا الصندوق من جسم دائري أو مستطيل ، كما هو مبين في الشكل ٢-٨

ويمكن تداوله بسهولة وله درجة دقة عالية

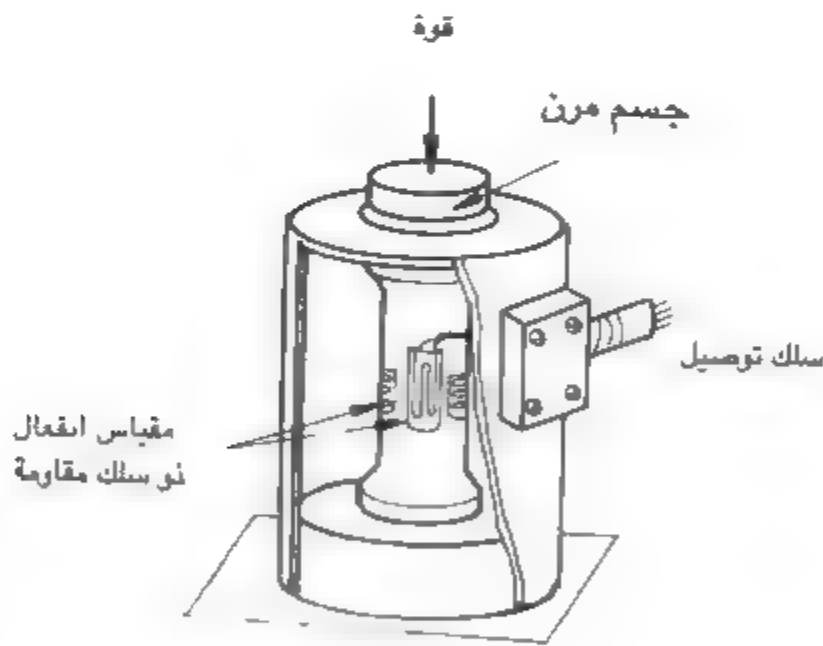


في البداية ، يتم تحميل هذا الصندوق بقوة قياسية ونحصل على علاقات بين الجسم المرن والحمل عن طريق انحراف مؤشر المقياس القرصي المدرج . وتجهز البيانات للمعايرة في شكل جدول وبهذا يمكن معرفة مقدار القوة من المقياس القرصي المدرج .

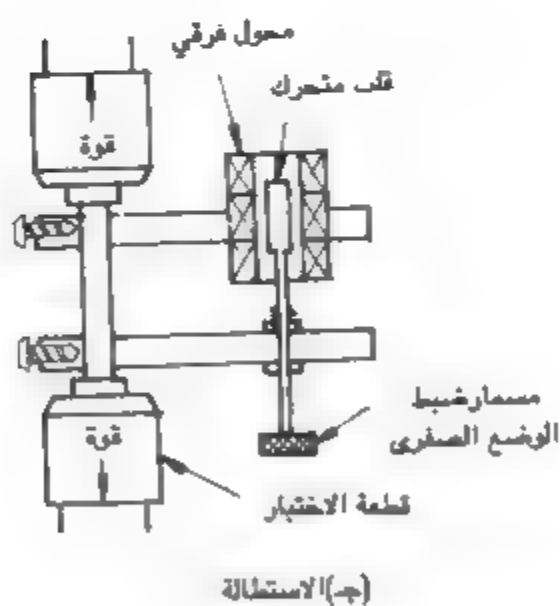
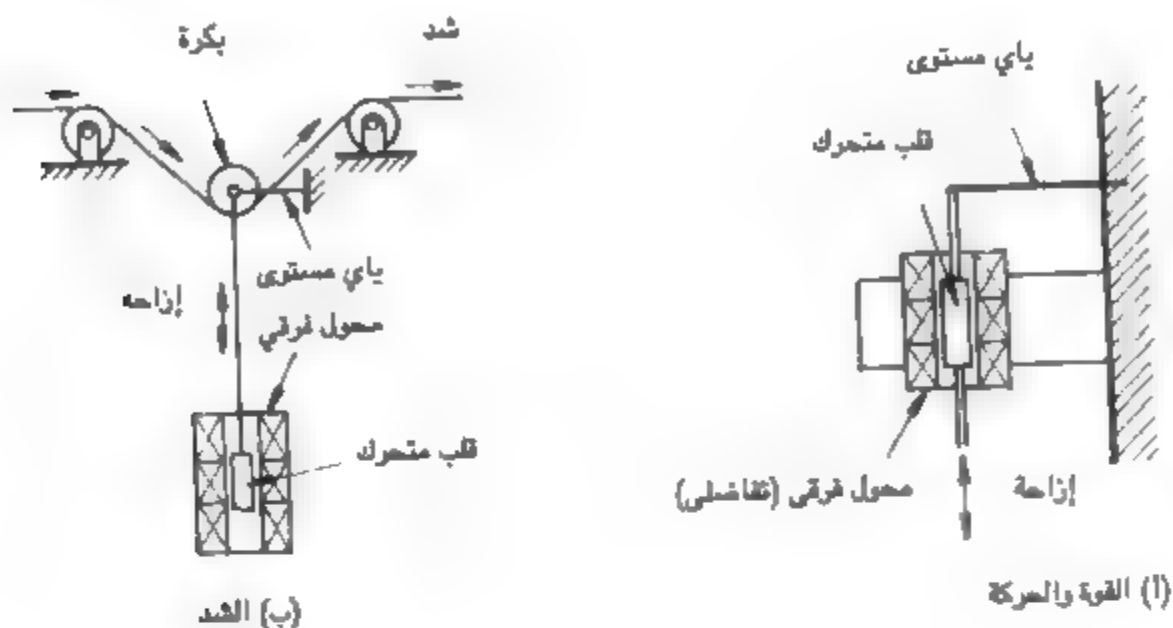
الشكل ٢-٨ صندوق معايرة مرن للانحراف

٣-٢-٣ خلية الحمل Load Cell

كما هو مبين في الشكل ٩-٢ ، يوضع في خلية الحمل مقياس انفعال نوسك مقاومة ملتصقا على جسم مرن ويوضعان بعد ذلك في وعاء محكم ويتطبيق قوة شد أو ضغط ، ينتج انفعال لجسم المرن يتناسب مع مقدار هذه القوة ثم يتم تحويل هذا الانفعال كهربائيا بواسطة مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة ليقاس مقدار القوة ويكثر استخدام خلية الحمل في الموازين ككاشف للحمل



الشكل ٩-٢ خلية الحمل



الشكل ٣-١٠ أمثلة للقياسات عن طريق محول فرقي (تفاضلي)

وتستخدم خلايا الحمل بكثرة أيضاً في مقاييس العزم وككاشفات الاهتزاز ، والعجلة ، والضغط لقياس القدرة المحركة المنقولة ، عن طريق تثبيت مقياس انفعال على العمود الدوار وقياس التواء العمود

وبالإضافة إلى ماسبق ، ويعمل آلية لنقل الإزاحة الدقيقة إلى قلب محول فرقي (تفاضلي) ، كما في الشكل ٣-١٠ ، يمكن استخدام خلية الحمل في مجالات مختلفة مثل قياس القوى ، والحركة ، والشد ، والاستطالة

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديدة
وطباعة ممتازة

نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

تمريعات

١ إءا كر طول ذراع ميران هو 100.05 مم ،بينما طول الذراع الأخر هو 99.98 مم . وكانت القراءة هي 52.453 جم عند القيام بالقياس بوضع وزن على الذراع الأصول . احسب الكتلة الصحيحة لهذا الجسم

(الإجابة: 52.489 جم)

٢ اشرح سبب عدم تصحيح موازين زنبركية بدقة أعلى من 1/800 .

٣ شرح وظيفة لمعدن الثنائى المستخدم فى الموازين الزنبركية .

٤ - قارن بين خصائص موازين الناقل والقابوسية .

٥ ذكر انواع المعدات التى تعتمد على خلية الحمل .

هوامش

(١) الكيلو جرام النموذجي الأول الدولي الذي وضع في ١٨٨٩ عبارة عن عمود دائري طول قطره، وكذلك ارتفاعه ، حوالي 39 مم . وهو مصنوع من سبيكة مكونة من 90% ذهب أبيض و 10% إيريديوم . وتبين القياسات المضبوطة أن الحجم المكعب لـ 1 كجم ماء هو 1.000028 dm^3 (في حالة ضغط جوي قياسي ، ودرجة حرارة 4° م ، والماء لا يحتوي هواء).

الفصل الرابع

استخدام أجهزة قياس الزمن وسرعة الدوران INSTRUMENTATION OF TIME AND SPEED OF REVOLUTION

٤ - ١ استخدام أجهزة قياس الزمن

كان تحديد الزمن في الماضي يتم على أساس دوران الأرض كمرجع يسند إليه. غير أنه حالياً ، تم تعريف الثانية الواحدة على أن تساوي 9192631770 زمن الموجة الكهرومغناطيسية التي يمتص أو تبعث بواسطة ذرة سيزيوم (^{133}Cs) تحت ظروف ثابتة . (رمز الوحدة : s)^(١).

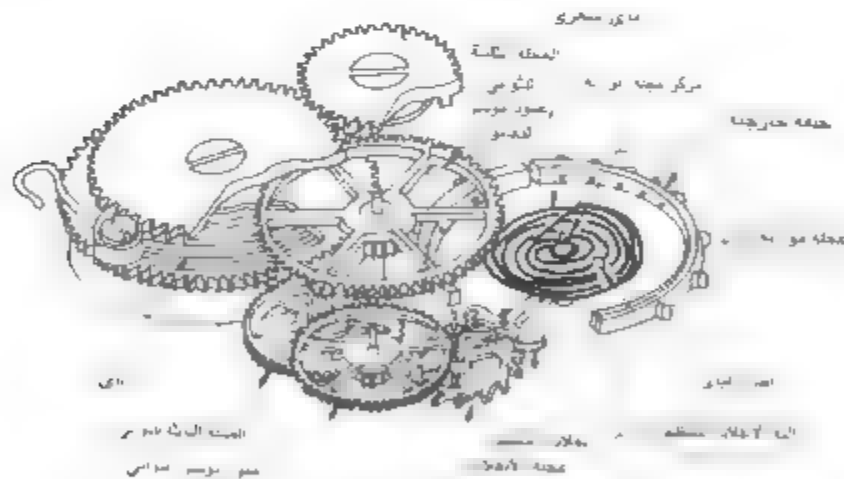
٤-١-١ جهاز قياس الوقت (الساعة) Clock

يعمل جهاز قياس الوقت (الساعة) عملية تكامل لعدد الذبذبات ليعين الساعة والزمن ، على أساس فترات ذات ذبذبات ثابتة . ويسمى الجسم المتذبذب منظم السرعة ومن أنواع منظمات السرعة، البندول ، والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة ومذبذب الكوارتز وتسمى أجهزة قياس الوقت (الساعة) التي تصنف على أساس نوع منظم السرعة بالبندول والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة والكوارتز وغيرها

[٨] أجهزة قياس الزمن (الساعة) باليندول وعجلة الموازنة

Pendulum and Balance Wheel Clocks

تكون فترة التذبذب ثابتة للبندول، إذا كانت عجلة الجاذبية والمسافة من نقطة الارتكاز إلى مركز الثقل للوزن المعلق في البندول ثابتين (٢) ويعتمد جهاز قياس الزمن البندولي على هذا التساوي في الزمن ويعض أجهزة قياس الزمن المكتبية الصغيرة مثل ساعات المكتب تكون من نوع ساعات عجلة الموازنة وتستخدم عجلة موازنة ذات ياي لتوليد قوة استعادة، كمنظم سرعة غير أن الذبذبات الناتجة من البندول أو عجلة الموازنة تضيع محل (تخدم) تدريجياً، وإذا تضاف ترتيبية لشاكوش للساعة، يعطي قوة للتذبذب من الخارج، كما ينقل ذبذبات منظم السرعة بدقة (انظر الشكل ٤-١).



الشكل 4-1 آلة ساعة عجلة الموازنة

[٢] ساعات الكوارتز Quartz Clocks

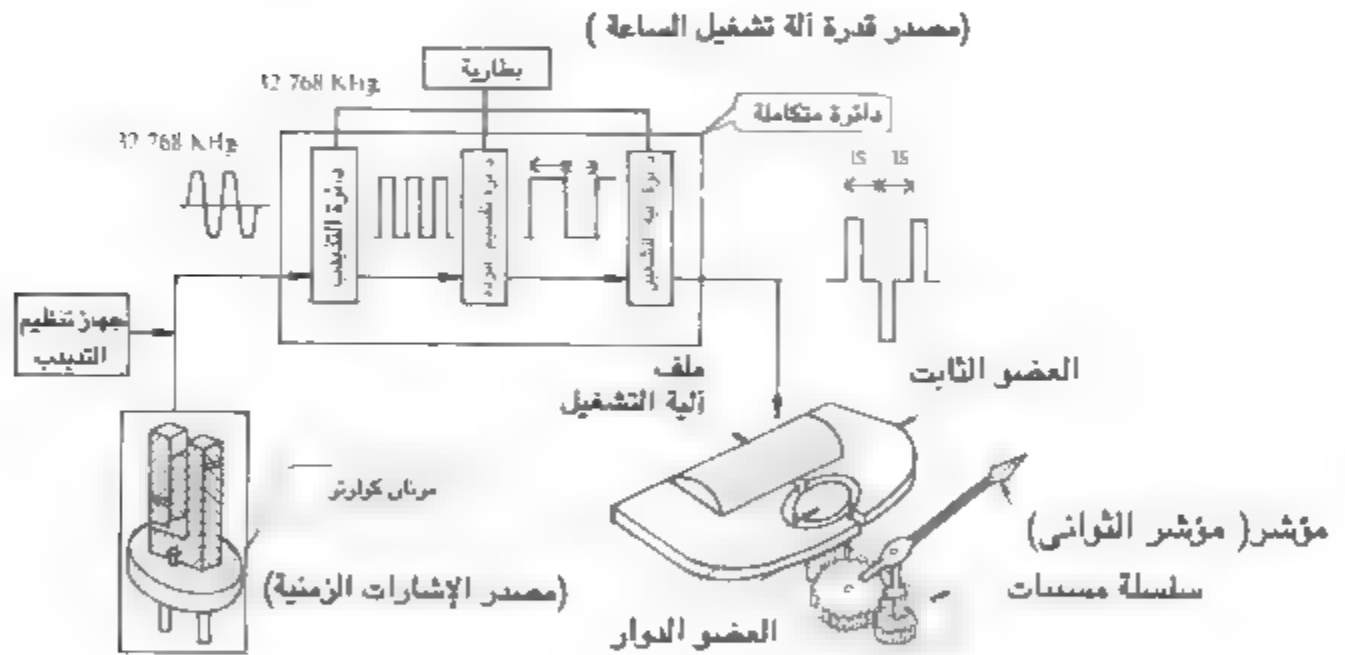
تعتمد ساعة الكوارتز على مذبذب كوارتز كمنظم سرعة ، وتبين الزمن والساعة باستخدام إشارات كهربائية ذات تردد ثابت ، يتم الحصول عليه من مذبذب الكوارتز كمصدر إشارة زمنية .

* مذبذب الكوارتز Quartz Oscillator

لشريحة الكوارتز الصغيرة المقطوعة في اتجاه معين، خاصية توليد شحنة كهربائية على سطحها عندما يتشوه شكلها. وبالعكس يتم تشويهها عند وضعها في مجال كهربائي . تسمى هذه الظاهرة بالتأثيرات الكهربائية الإجهادية. وبضم هذه لشريحة لكرتزية مع دائرة الكترونية مناسبة، والتأثير عليها بذبذبة طبيعية ، تتولد شحنات كهربائية موجبة وسالبة بالتبادل على سطحها، وهي تناظر التذبذبات، وبذلك نحصل على إشارات كهربائية ذات تردد ثابت باستمرار . ويسمى هذا الجهاز مذبذب لكو ريزر ، كما يسمى شريحة الكوارتز المرنان الكواريزي .

ويبين الشكل ٤-٢ أسس عمل الساعة الكوارتز التناظرية والتذبذبات الناتجة من مرنان الكوارتز تكون مستقرة ضد الاهتزازات الخارجية والصدمات وتغيرات درجة الحرارة ويمكن أن تبين ساعات الكوارتز الوقت والساعة بدرجة دقة عالية جدا وحاليا ، مع تصغير البطارية والتقدم المحفوظ في تقنية الالكترونيات ، تناف في الأسواق ساعات صغيرة ذات خطأ أقل من 0.1 إلى 0.5 ثانية في اليوم

ترسل الإشارة الكهربائية ذات عشرات الآلاف هرتز (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى ملف آلية التشغيل كل ثانية خلال دائرة تقسيم التردد ودائرة آلية التشغيل. عندما يمر تيار في دائرة آلية التشغيل يتمغنط العضو الثابت ، ثم يدور العضو الدوار . ويتحول الإشارة الكهربائية (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى إشارة ميكانيكية وتنتقل إلى مؤشر الثواني ومؤشر الدقائق ومؤشر الساعات عن طريق حركة سلسلة مسننات ، ويتم بيان الوقت بالضبط على واجهة الساعة .



الشكل ٤ - ٢ مبدأ عمل ساعة الكوارتز

٤-١-٢ المبين ذو البلّورات السائلة Liquid Crystal Display

تستخدم أنابيب المبين الفلورسنت ، والثنائيات المشعة للضوء ومبينات البلّورات السائلة في البيان الرقمي للقيم المقاسة، بشكل عام وللمبينات البلّورات السائلة استهلاك قدرة كهربائية صغير جداً على وجه الخصوص. وتستخدم كمبينات في أجهزة القياس التي تستخدم البطاريات كمصدر قدرة كهربائية .

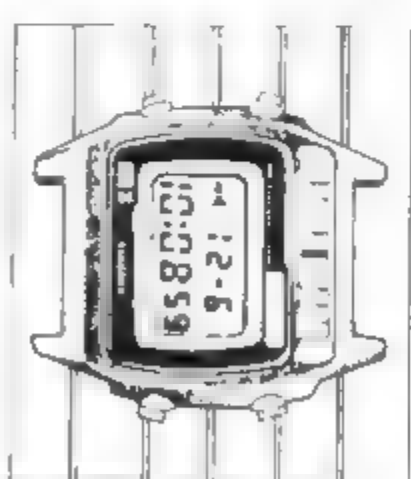
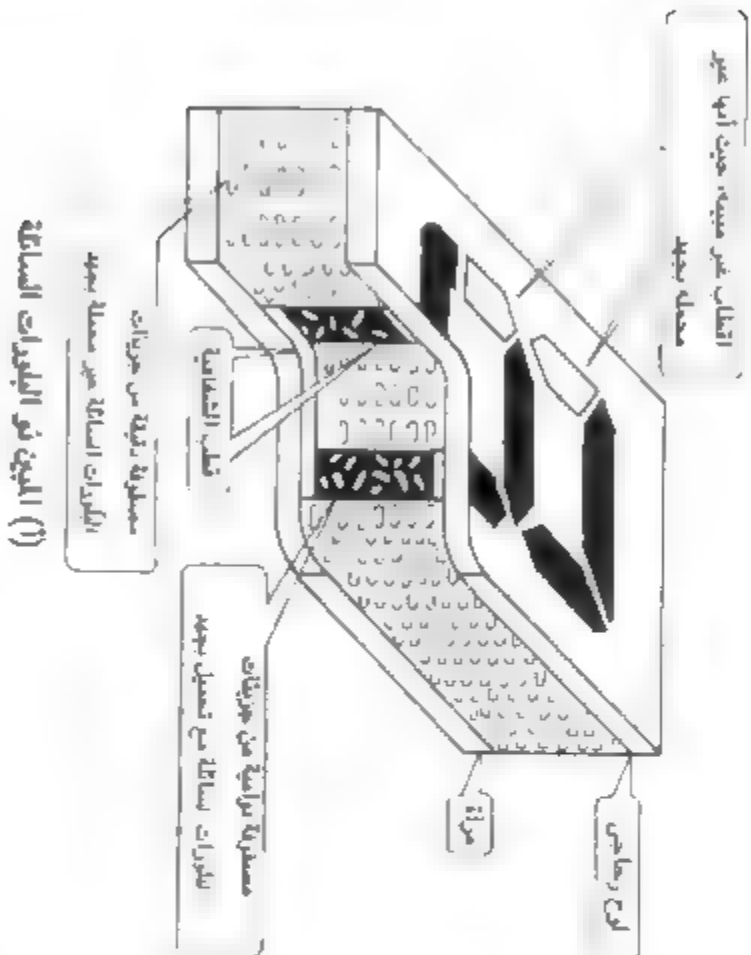
والبلّورة السائلة عبارة عن مادة عضوية لها سيولة ظاهرية تماثل السوائل، غير أن الترتيبية الجزيئية لها لم تنهار تماماً. وعند استخدام جهد، يحدث اضطراب للترتيبية الجزيئية لها وتتغير حالة انتقال الضوء غير أنه لا يمر تيار تقريباً .

أما أجزاء المبين ذي البلّورات السائلة (٣) التي لم يستخدم معها جهد ، كما هو مبين في الشكل ٣-٤ (أ) . فتبدو ساطعة حيث ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة، وينعكس بواسطة مرآة. وأما الأجزاء التي يطبق عليها جهد ، فيحدث اضطراب لجزيئاتها ولا يمكن معها أن ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة ، بل يتفرق في منتصف الطريق، بحيث تظهر هذه الأجزاء سوداء مثل الأقطاب

والبلّورات السائلة عبارة عن عنصر كشف ضوئي وهي لا تشع ضوءاً .

وطبقة البلّورات السائلة يمكن أن تكون ذات سمك 0.01 مم تقريباً، وإذا يمكن الحصول على مبينات رقيقة ويتم تحريك البلّورات السائلة بجهد صغير، ويمكن توصيلها بسهولة مع دوائر أشباه الموصلات ، وهي تستهلك مقداراً صغيراً جداً فقط من القدرة.

وتستخدم البلّورات السائلة في مبينات الساعات والحاسبات الالكترونية وأجهزة القياس المحمولة ومعدات أخرى وتغير بعض البلّورات السائلة ألوانها تبعاً لدرجة الحرارة أو عند تطبيق جهد عليها، وهي تستخدم في قياس درجة الحرارة أو عرض الصورة في أجهزة التلفزيون الرفيعة .



(ب) ساعة يد رقمية من نوع البلورات المسائلة

كما في الشكل (١) ، يتم عرض الرقم 3 على المين ذي البلورات المسائلة ، حيث يتم تحميل جهد على خمسة من سبعة قطاعات من أقطاب المين

الشكل ٤ - ٢ المين ذو البلورات المسائلة

٤ ٢ استخدام أجهزة قياس سرعة الدوران

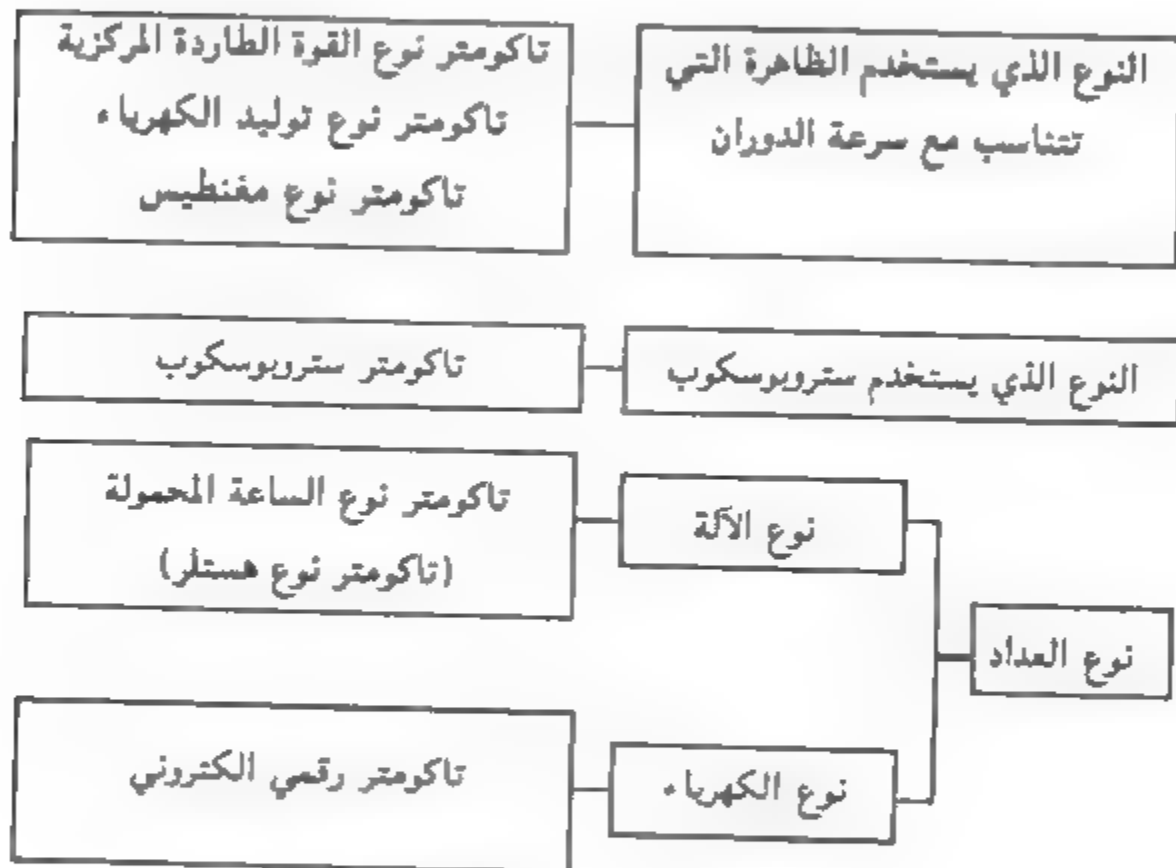
تسمى أجهزة القياس التي تقيس عدد دوران أجسام دوارة خلال وحدة الزمن « تاكومترات » وبشكل عام ، يتم التعبير عن سرعات دوران الآلات بعدد اللفات في الدقيقة ، لفة / ق ، (rpm)(4)

* وسرعة الدوران هي إحدى الكميات المهمة في مجال الصناعة فترتبط سرعات دوران العمود الرئيسي لآلات التشغيل مع سرعات القطع ، كما ترتبط سرعات دوران المحركات مع مقدار القدرة المحركة .

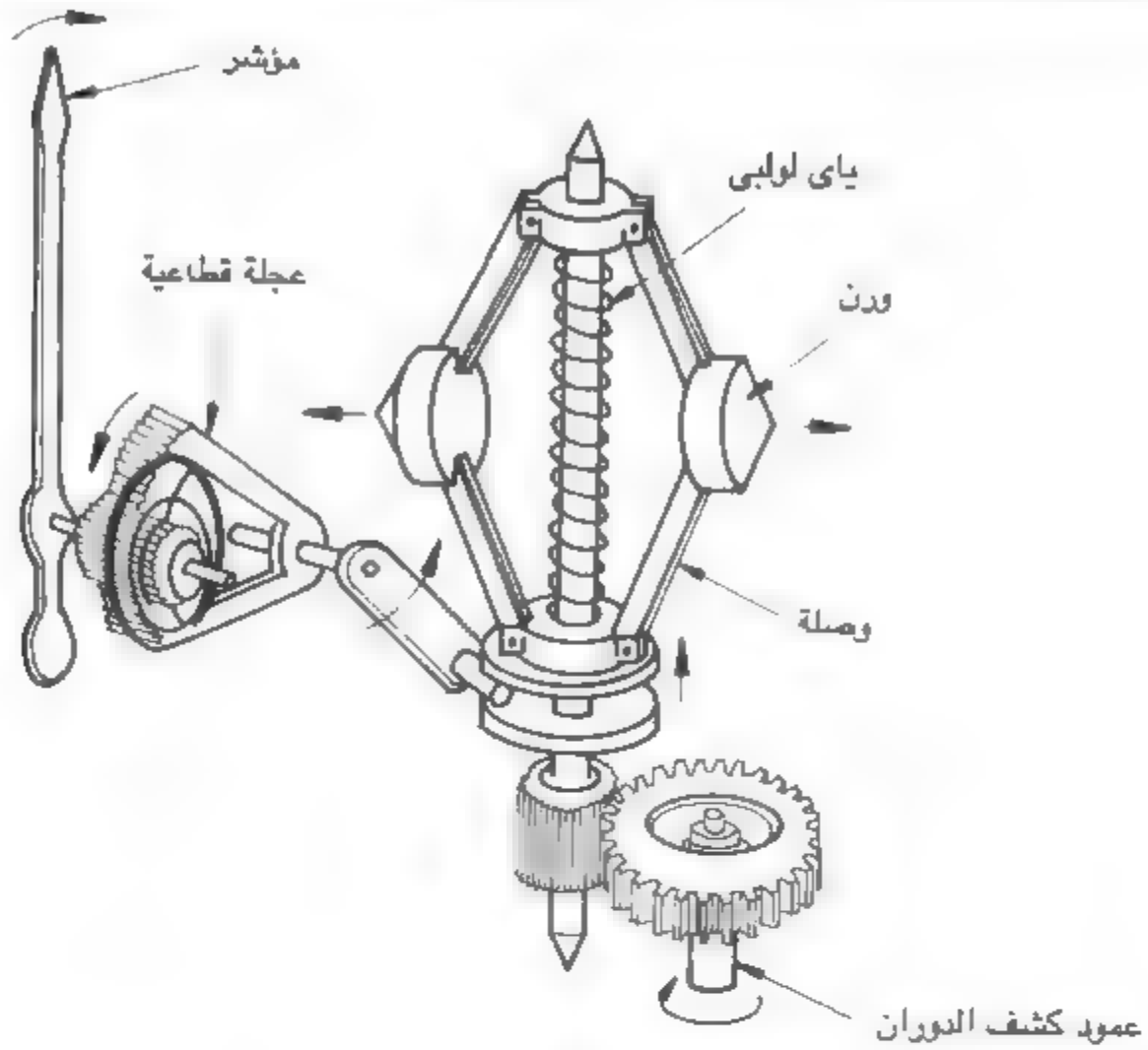
ويصنف الجدول ٤-١ ، التاكومترات على أساس مبادئ القياس .

٤-٢-١ تاكومتر الطرد المركزي Centrifugal Tachometer

يبين تاكومتر الطرد المركزي سرعة الدوران باستخدام إزاحة ياي كسرعة دوران ، وذلك بموازنة قوة الطرد المركزية التي تؤثر على الجسم الدوار مع قوة الياي وتركيبه بسيط وقوي ويمكن الحصول على عزم كبير نسبياً من المؤشر ، كما يستخدم أيضاً كتاكومترات تسجيل ، (انظر الشكل ٤-٤) .



الجدول ٤-١ أنواع التاكومترات



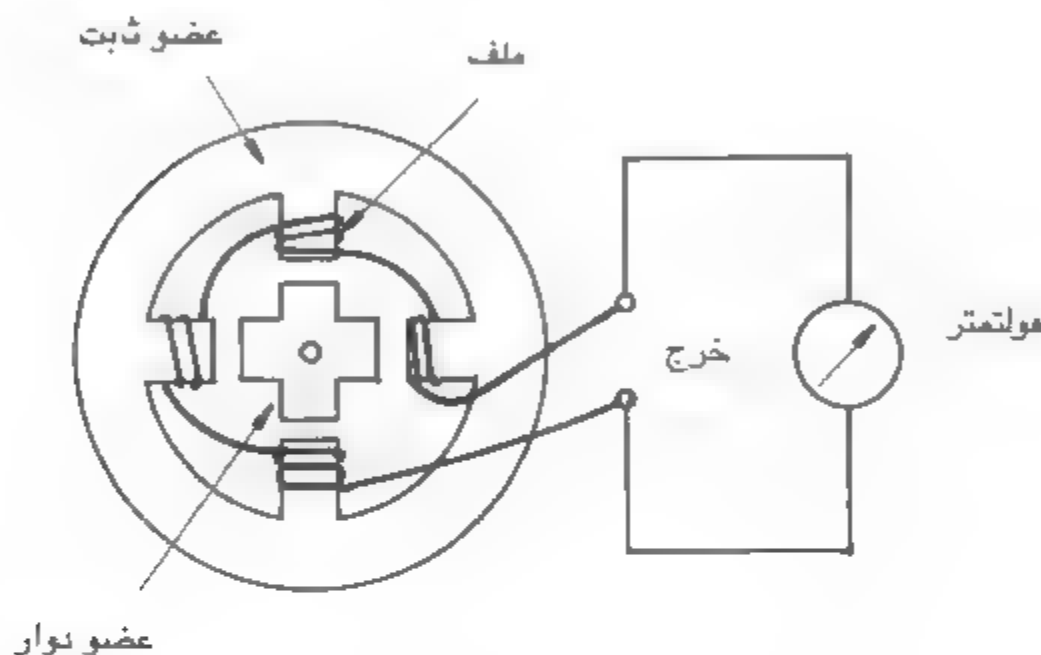
الشكل ٤-١ تاكومتر الطرد المركزي

٢-٤-٢ التاكومتر المولد Generating Tachometer

وفيه يتولد جهد يتناسب مع سرعة الدوران عندما يتم توصيل مولد DC أو AC إلى عمود دوار مطبوع قياس سرعة دورانه ، وهذا هو التاكومتر المولد . ويمكن قياس سرعات الدوران بقراءة هذا الجهد المتولد عن طريق فولتمتر

ويمكن تعيين اتجاهات الدوران لتاكومترات النوايد DC عن طريق الجهد الموجب أو السالب، ويمكن استخدام هذه التاكومترات فى التحكم الأوتوماتيكي للآلات الكهربائية


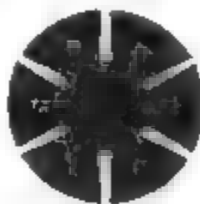

وتعتمد تاكومتيرات التوليد AC، (انظر الشكل ٤-٥)، على مغنطيسات دائمة كأعضاء دوارة حتى تكون الاعطال قليلة، ويمكن قياس سرعات الدوران اللحظية وهي تستخدم كعدادات سرعة للقطارات الكهربائية والمعدات الأخرى .



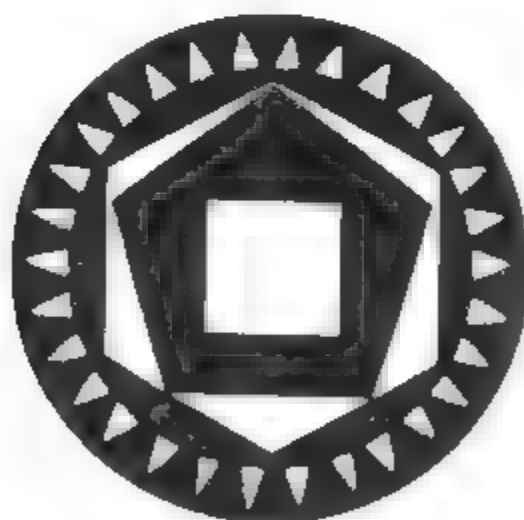
الشكل ٤-٥ تاكومتر من نوع المولد AC

٤ ٢ ٣ التاكومتر الستروبوسكوبي Stroboscope Tachometer

عند رؤية دورات الأجسام أو اهتزازاتها عند اللحظات التي تكون فيها الأجسام في مواضع سبق إعدادها ، يمكن أن تبدو الأجسام المتحركة في حالة ساكنة يسمى لجهاز من هذا النوع ستروبوسكوب، ويسمى التاكومتر الذي يعتمد على هذا الستروبوسكوب ، تاكومتر ستروبوسكوبي .

التردد الومضي لليستروبوسكوب	1HZ	N HZ	1/N H7
شكل الجسم الدوار			
	خط واحد	عدد Π من الخطوط	خط واحد

الشكل ٤-٦ ظهور صورة عند سرعة دوران ١ لفة / ق



الشكل ٤-٧ لوح رسم بياني لليستروبوسكوب

برسم خط في اتجاه نصف قطر جسم دوار، كما في الشكل ٤-٦، ثم إطلاق أشعة عليه عن طريق صمام تفريغ في حالة تردد ومضي يساوي ١ هرتز، بعد إدارة الجسم الدوار بمقدار ١ لفة /ق، يظهر الخط كما لو كان ساكناً وبالإضافة التدريجية للتردد الومضي لصمام التفريغ إلى ٢، ٣، ...، n هرتز وإطلاق أشعة على الجسم الدوار مرة كل $1/2, 1/3, \dots, 1/n$ لفة، يمكن رؤية الخط نصف القطري بعدد مضاعفات صحيحة يساوي ٢، ٣، ...، n خط وبالعكس، عند تقليل تدريجي للتردد الومضي إلى $1/2, 1/3, \dots, 1/n$ هرتز، يضاء الجسم الدوار كل ٢، ٣، ...، n لفة، بحيث يمكن رؤية الخط الواحد كما لو كان ساكناً.

وعليه، إذا كانت سرعة دوران جسم دوار هي مضاعف صحيح للتردد الومضي لصمام التفريغ للستروبوسكوب يتكرر حدوث نفس الظاهرة وعلى ذلك، لا يمكن تعيين عدد الدورات فورا، ولكن عندما يظهر أول خط ثابتاً، فإن التردد الومضي يبين سرعة دوران الجسم الدوار وذلك بعد القيام بتقليل تدريجي للتردد الومضي لصمام التفريغ من تردد عالي كافى.

ويثبت لوح رسم بياني، كما في الشكل ٤-٧، على الجسم الدوار، وبشكل عام، يتطبق التردد الومضي لصمام التفريغ عندما تظهر الصورة كلها كما لو كانت ساكنة، مع سرعة دوران الجسم الدوار ويضبط التردد الومضي بالزيادة إذا تحركت الصورة ببطء في اتجاه دوران الجسم الدوار وبالتقليل في الحالات العكسية

وللتاكومتر الستروبوسكوبي الخصائص التالية

(١) يمكن قياس سرعات دوران عالية من 200 إلى 18000 لفة/ق.

(٢) يمكن القيام بالقياسات بدون ملامسة الأجسام الدوارة

(٣) عزوم العمود الدوار صغيرة للغاية ويمكن القيام بقياسات دقيقة، حتى لو تغيرت سرعات الدوران عند توصيل التاكومتر .

٤ - ٢ - ٤ التاكومتر المحمول ذو الساعة Portable Clock Tachometer

يسمى هذا التاكومتر - تاكومتر هستر (انظر الشكل ٤-٨) وهذا التاكومتر عبارة عن تاكومتر عد الي، يبين سرعة الدوران عن طريق عد الدورات خلال زمن سبق تحديده ، وذلك بدمج عداد معه ، عن طريق عجلة مسننة والية ساعة عجلة موازنة

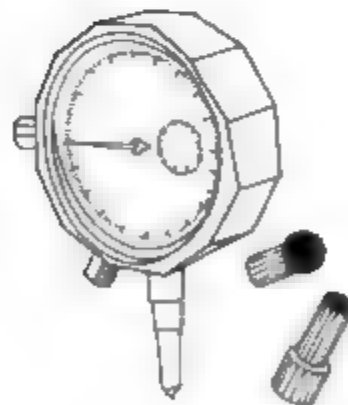
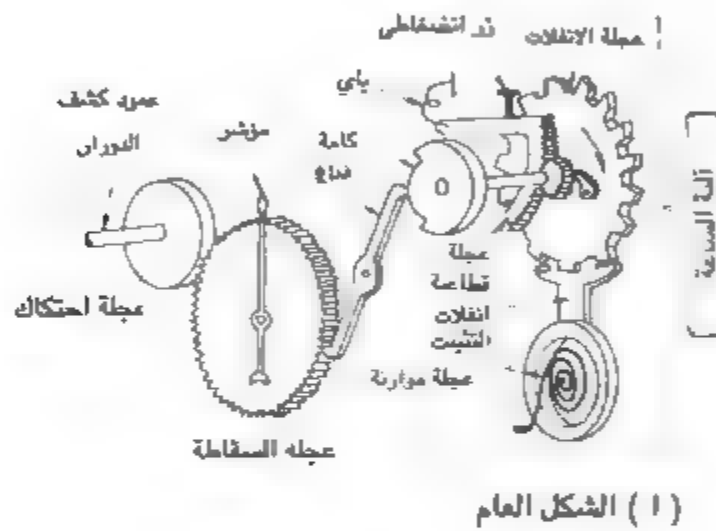
وهذا التاكومتر من النوع المدمج وهو خفيف الوزن ويستخدم بكثرة كتاكومتر محمول

٤-٢-٥ التاكومتر الالكتروني الرقمي

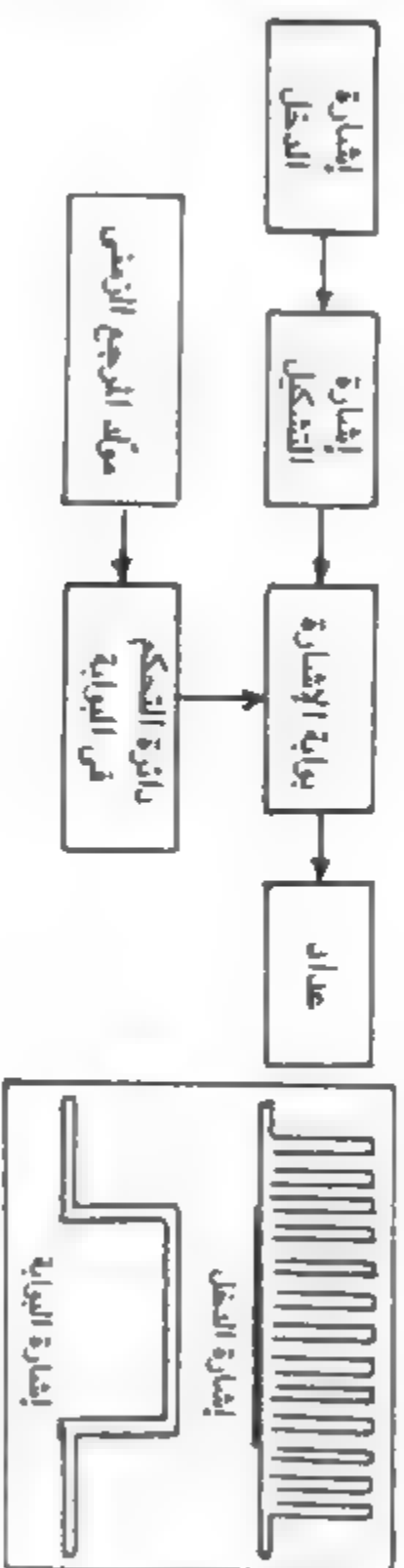
Electronic Digital Tachometer

يسمى التاكومتر الذي يستخدم عداد الكتروني، تاكومتر رقمي الكتروني ويستخدم هذا التاكومتر إشارات نبضية متولدة عن طريق الجسم الدوار كإشارات دخل ويتم عمل عد للإشارات النبضية في زمن سبق تحديده لحساب سرعة الدوران . ويبين الشكل ٤-٩، المكونات الأساسية للعداد الالكتروني ويستخدم مذبذب كوارتز في مولد الزمن المرجعي للحصول على إشارة نبضية دقيقة عند فترات زمنية تم تحديدها من قبل، مثل واحد ثانية وتقوم النبضات بفتح وغلق بوابة الإشارة . ويتم عد إشارات الدخل (نبضات) التي تمر خلال البوابة بواسطة عداد، أثناء فتح بوابة الإشارة عن طريق إشارة من دائرة التحكم في البوابة ، ويتم بيان هذا العدد كسرعة الدوران .

يتم الضغط على الزر الانضغاطي ثم يترك ، فتدور الكامة بسرعة ثابتة عن طريق قوة الاستعارة للياي . ويحرر الجزء المحذب من الكامة ترس السقاطة عن طريق الذراع ، ثم تدور عجلة السقاطة عن طريق عمود كشف الدوران وعجلة الاحتكاك . وبعد 3 دقائق يتوقف المؤشر عن الدوران . وعند هذا الوقت ، يتم بيان سرعة الدوران عن طريق المقياس الذي تم تحويله لكل دورة في الدقيقة .



الشكل ٤ - ٨ تاكومتر هسترل Hustler Tachometer



الشكل ٤ - ٩ المكونات الأساسية للعداد الالكتروني

وبين الشكل ٤-١٠، كاشف إشارة الدخول ويحول الكاشف سرعة دوران الجسم الدوار إلى إشارات نبضية كهربائية وتنقسم الكاشفات إلى أنظمة كهروضوئية ومغناطيسية وهي تبين رقمياً، ولها دقة عالية وتستخدم بسهولة

تمرين ١

إذا كان لقرص يولد نبضات 60 ثقباً وباستخدام مولد إشارة، تم توليد النبضات، وتم عدّ 5432 نبضة في ثانيتين بعدد الكتروني، فما هي سرعة دوران القرص؟

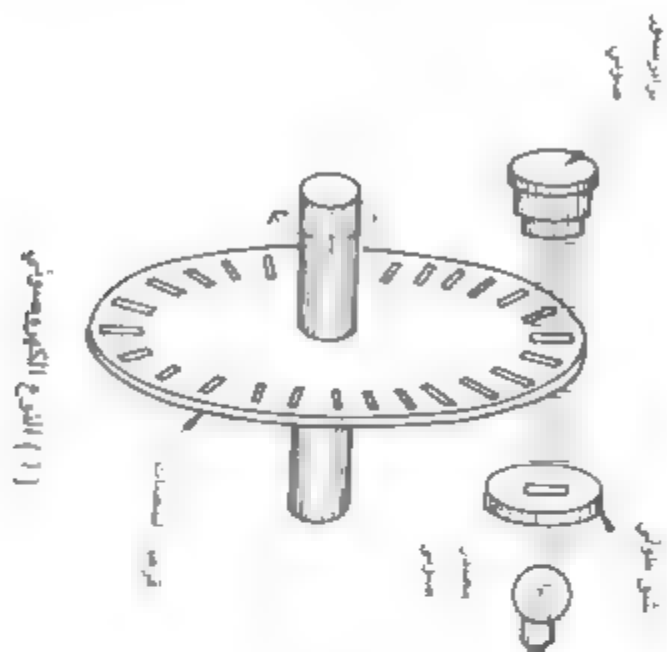
(الإجابة: 2716 لفة/ق)

تمرين ٢

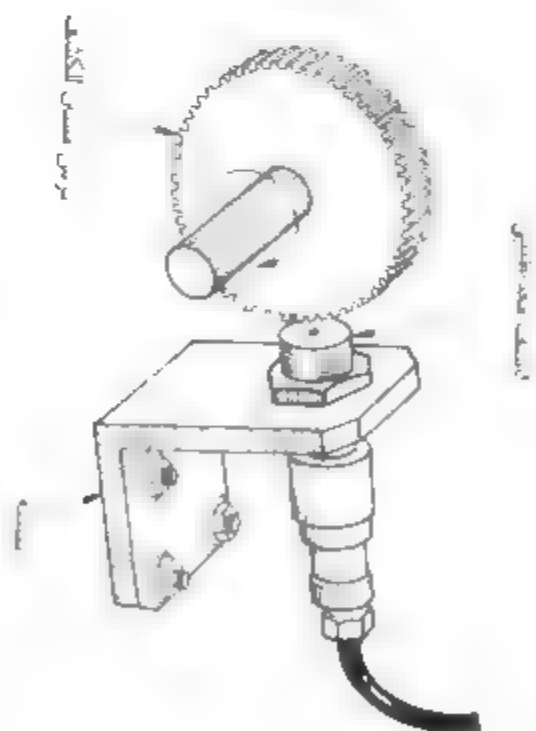
في الشكل ٤-١١، يفرض أن المسافة بين النقطة A، والنقطة B هي 4 م، وأنه أمكن عدّ 16000 نبضة مرجعية ذات تردد 100 كيلو هرتز، احسب السرعة المتوسطة لهذه العربة

(الإجابة: 90 كم/ساعة)

يمكن قياس السرعات باستخدام عداد الكتروني كما في الشكل ٤-١١ فيركب مصدر ضوء وكشف ضوئي عند تقاطعي A، B، بينهما مسافة ثابتة، وتفتح بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة A، وتقفل بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة B ويمكن حساب السرعة المتوسطة بمعرفة عدد مرات عدّ النبضات المرجعية أثناء فتح وقفل البوابة.

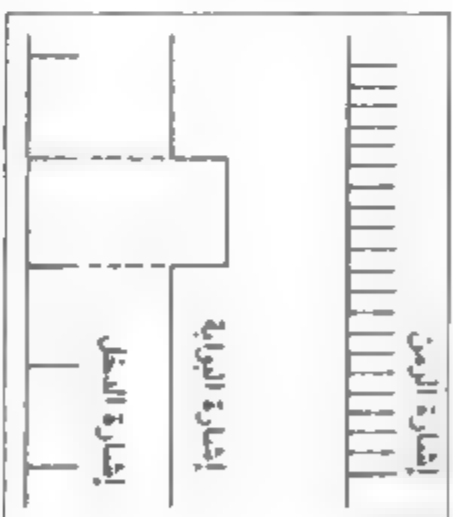
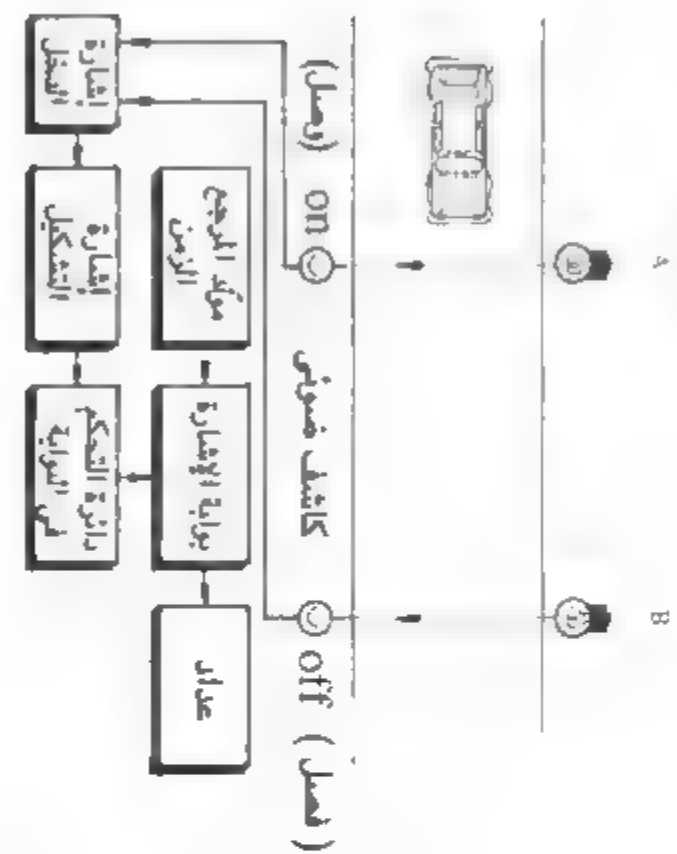


(١) النوع الكيرسوتي



١ - ٢ - ٣ - ٤ - ٥

الشكل ٤ - ١٠ - كاشف تاكومتر من نوع العداد الرقسي الالكتروني



الشكل ٤ - ١٩ قياس السرعة باستخدام عداد الكتروني

تمريـنات

- ١- ما هو منظم السرعة فى الساعة ؟ وما هي الوظيفة التي يؤديها للساعة ؟
- ٢ - صنف الساعات على حسب نوع منظم السرعة ،واشرح خصائص كل منها
- ٣- إذا ظهرت مروحة كهربائية ذات ثلاث ريش كأنها ساكنة عندما أضيئت بواسطة ستروبيوسكوب ذي تردد ومضي يساوى 60 هرتز وإذا كانت سرعة الدوران هي 1000 لفة/ق تقريباً، فما هو العدد الصحيح لعدد الدورات ؟
- (الإجابة : 1200 لفة/ق)
- ٤- اذكر الأنواع المختلفة للتاكومترات وقارن بين خصائص كل منها

هوامش

(١) تبعاً للتعريف الدولي الذي أقرته الجمعية العمومية الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٧ .

(٢) بفرض أن المسافة بين نقطة الارتكاز ومركز ثقل الوزى تساوى ℓ (م)، وأن عجلة الجاذبية هي g (م/ث^٢)، تكون فترة الذبذبة هي T (ثانية)، ويعبر عنها كما يلي

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

(٣) يتم تداول أنظمة التفريق (التبعثر) الدينامي (DS) وتأثير المجال (FE)

وهذا الوصف هو عن نظام التفريق (التبعثر) الدينامي

(٤) وحدات سرعة الدوران هي لفات / ثانية (رمز الوحدة ث - ١ أو لفة / ث) ،
لفات/دقيقة (رمز الوحدة ق-١ أو لفة/ق) ، لفات/ساعة (رمز
الوحدة ساعة ١ أو لفة/ساعة) "rpm" هو اختصار لـ لفة فى الدقيقة
(لفة/ق)

الفصل الخامس

استخدام أجهزة قياس الموائع INSTRUMENTATION OF FLUID

٥ - استخدام أجهزة قياس الضغط

Instrumentation of Pressure

وحدة الضغط هي باسكال (Pa) ويستخدم الـ كجم قوة/سم^٢ في الصناعة على نطاق واسع وبالإضافة إلى هذا ، يستخدم الضغط الجوي (atm) ، وارتفاع عمود الزئبق (mHg) ، وارتفاع عمود الماء (mH₂O or mAq) وفي الأرصاد الجوية ، يستخدم الـ "بار" ، كوحدة لقياس الضغط .

والعلاقات بينها تكون كما يلي :

$$1 \text{ باسكال } Pa = 1 \text{ نيوتن/م}^2 = 1.01972 \times 10^{-5} \text{ كجم قوة/سم}^2$$

$$1 \text{ كجم قوة/سم}^2 = 0.735559 \text{ mHg} = 0.980665 \text{ بار}$$

$$1 \text{ جـ} - \text{سوي} = 10.3323 \text{ mH}_2\text{O} = 0.760 \text{ mHg}$$

$$1.01325 \text{ بار} = 1.03323 \text{ كجم قوة/سم}^2$$

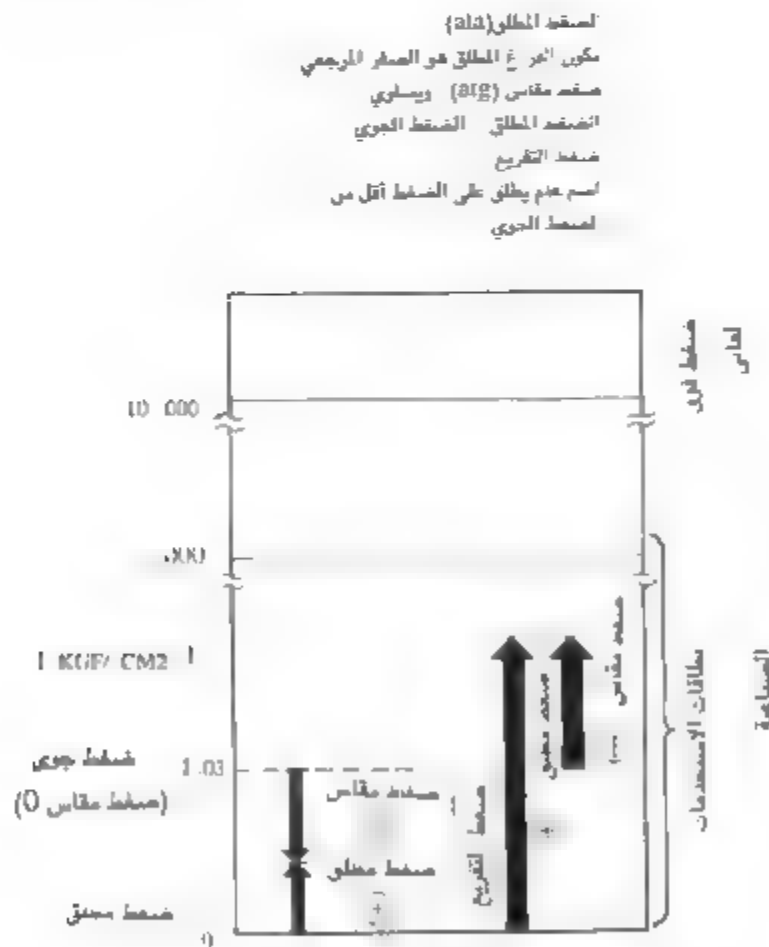
$$1 \text{ بار} = 10^5 \text{ نيوتن / م}^2 = 1.01972 \text{ كجم قوة / سم}^2$$

وفي الاستخدامات الهندسية ، تستخدم كثيراً مقاييس الضغط المطلق والضغط المقاس، كما يظهر في الشكل ١-٥ .

١-١-٥ أنواع ومدى قياس مقاييس الضغط

Types and Measuring Ranges of Pressure Gauges

تقاس الضغوط باستعمال نفس المبادئ التي تستخدم لقياس القوة ، وتصنف مقاييس الضغط^(١) إلى نوع العمود السائل ، الذي يتوازن مع الوزن ذي المستوى المعروف ، والنوع المرن ، الذي يستخدم إزاحة جسم مرن ، والنوع الكهربائي الذي يستخدم ظاهرة كهربائية



الشكل ١-٥ التعبير عن الضغط

الدقة	مدى القياس	النوع	
0.1 mmH ₂ O (أو mm Hg)	10 ~ 2 500 mm H ₂ O (أو mm Hg)	أنبوبية على شكل U	نوع العمود السائل
		أنبوبية واحدة	
		الإنبوعية المائلة	
		موازن حلقي	
0.05 mmH ₂ O	10 ~ 50 mmH ₂ O		نوع العمود السائل
1%	20 ~ 2 500 mm H ₂ O	جرس	
1 ~ 2%	5 ~ 300 mm H ₂ O	أنبوبية بوردون	
	0.5mmH ₂ O ~ 4 000kgf/cm ²	الغشاء (معدني)	
	10mmH ₂ O ~ 2 kgf/cm ²	الغشاء (غير معدني)	النوع المرن
	1 ~ 2 000 mmH ₂ O	منفاخ	
1 ~ 2%	10 mmH ₂ O ~ 10 kgf/cm ²	غرفة تغريغ	
	10 ~ 1 500 mmH ₂ O	نوع الوزن	
0.1%	2 ~ 4 000 kgf/cm ²	سلك مقاومة	الكهربائي
2%	1 000 kgf/cm ²	كهربائي إجهادي	
	5 ~ 1 000 kgf/cm ²		

الجدول ٥-١ أنواع ومدى قياس ودقة مقاييس الضغط

يُذَوَّن الجدول ٥-١، أنواع ومدى قياس ودقة مقاييس الضغط الرئيسية.

تمرين ١

أوجد القيمة المطلقة للضغط عندما يكون الضغط المقاس هو 8 كجم
قوة/سم^٢

(الإجابة: 9.033 كجم قوة/سم^٢)

تمرين ٢

إذا كان ضغط تفريغ المضخة هو 1.5 كجم قوة/سم^٢، فما هو
ارتفاع الماء الذي يمكن للمضخة أن ترفعه ؟

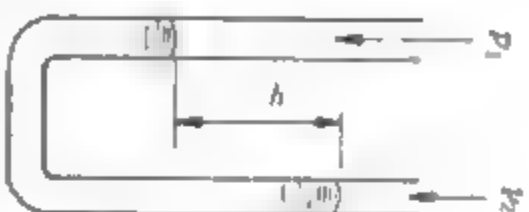
(الإجابة: 15.0 م) .

٥-١-٢ مقاييس الضغط بعمود سائل Liquid Column Pressure gauges

تنقسم مقاييس الضغط ذات عمود السائل إلى الأنواع أنبوية حرف U وأنبوية مائلة
وأنبوية واحدة كما في الشكل ٥-٢ (أ)، (ب)، (ج)

٥-١-٣ المبين المرن لقياس الضغط Elastic Pressure Indicator

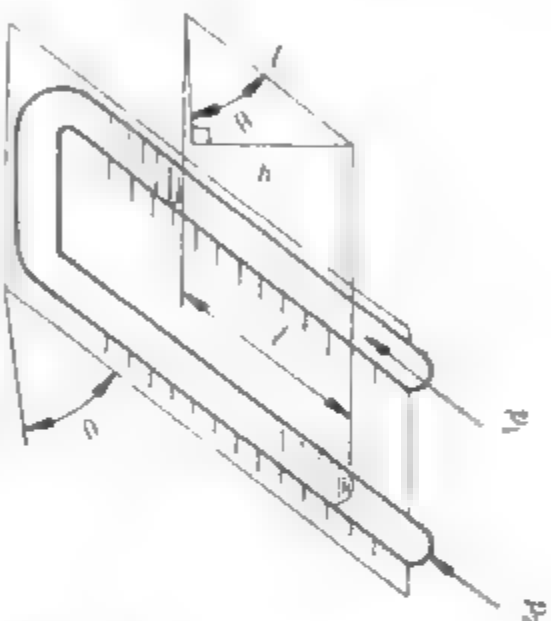
يقيس المبين المرن للضغط ، بناءً على إزاحة جسم مرن وتنقسم مبيّنات الضغط المرنة
تبعاً للجسم المرن الذي يتلقى الضغط ، إلى النوع ذي أنبوية بوردون ، والنوع ذي الغشاء ،
والنوع ذي المنفاخ ، كما في الشكل ٥-٣ (أ)، (ب)، (ج) .



$$P_1 - P_2 = \gamma h$$

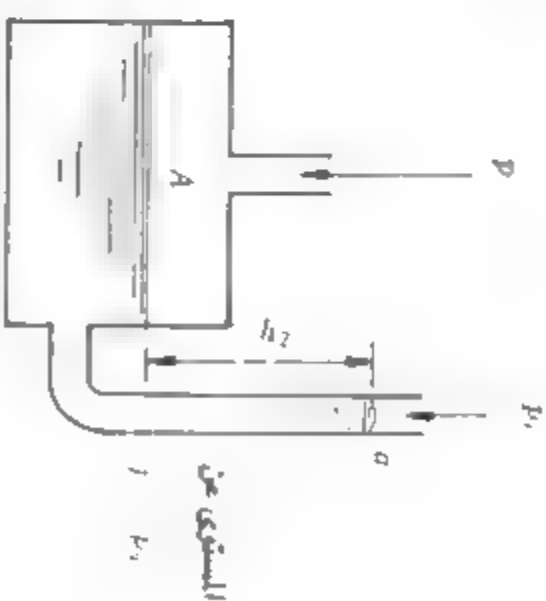
الوزن النوعي للسان

(أ) الأنبوبة على شكل U



$$l = \frac{h}{\sin \theta}, \quad \text{التكبير يساوي} \quad \frac{1}{\sin \theta} > 1$$

(ب) نوع الأنبوبة المساحة



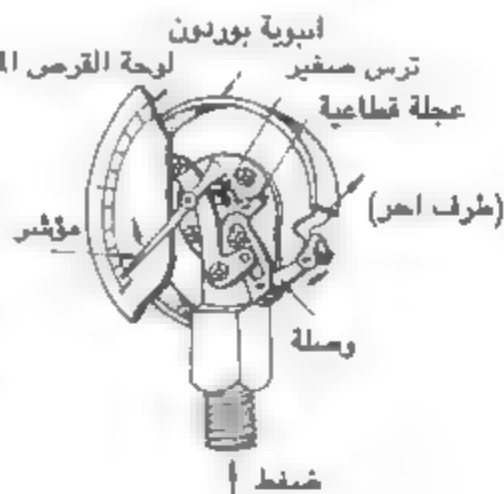
$$1. \quad P_2 - P = \gamma_2 h_2$$

الوزن النوعي للسان

(ج) نوع الأنبوبة الواحدة

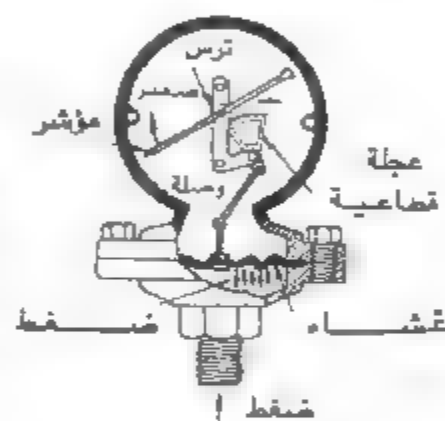
الشكل ٥ - ٧ مقاييس الضغط بعمود سائل

عندما يدخل الضغط المقاس من الطرف الثابت لأنبوبية بوربون ، يتمدد الطرف الحر على شكل قوس تبعاً للتغير في الضغط ثم يدور المؤشر عن طريق الترتيبية - الوصلة والعجلة القطاعية (وتصنع أنبوبية بوربون من نحاس برونزي فسفوري للضغط المنخفض ، وتصنع من سبيكة الصلب للضغط المرتفع



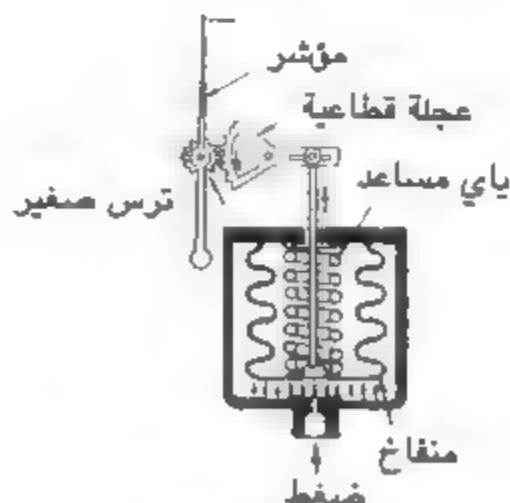
(أ) مقياس نو أنبوبية بوربون

الغشاء (الرقيق) عبارة عن قرص مستوي أو قرص مموج ويتم تكبير الإزاحات، وهي تتأثر الضغط الفرقي الذي يقع على القرص (على الجانب العلوي والسفلي) ويتم بيانها عن طريق الوصلة والعجلة القطاعية. وتصنع مادة الغشاء من الصلب ، والصلب غير القابل للصدأ والبرونز الفسفوري ، والنحاس للضغط العالي ، وتصنع من المطاط والجلد كمادة غير معدنية للضغط المنخفض



(ب) مقياس نو غشاء

يتوازن التغير في الضغط الخارجي تماماً عن طريق مرونة المنفاخ وقوة الياي المساعد ويتم تكبير وبيان مقدار الانحراف



(ج) النوع نو المنفاخ

الشكل ٥ - ٣ مقاييس مرونة لقياس الضغط

٤-١-٥ المِبيّن الكهربائي لقياس الضغط Electric Pressure Indicator

[١] مِبيّن الضغط ذو المقاومة الكهربائية

تنقسم مبيّنات الضغط ذات المقاومة الكهربائية، بشكل عام ، إلى الأنواع التي تستخدم خلية حمل باستعمال مقياس انفعال ذي سلك مقاومة، وتلك التي تعتمد على تغيرات سلك مقاومة كهربائية ، تنتج من ضغط سبيكة مثل المنجنين (سبيكة تحتوى على 83% نحاس ، 12.7% منجنيز، 3.9% نيكل) وهي تستخدم فى قياس الضغط العالي

[٢] مِبيّن الضغط الكهربائي الإجهادي

يعتمد مِبيّن الضغط الكهربائي الإجهادي على التأثير الكهربائي الإجهادي للكوارتز ، وتيتانيوم الباريوم أو مواد أخرى. وهو يستجيب بسرعة ويستخدم لقياس التموجات السريعة للضغط .

٥-١-٥ مقياس التفريغ Vacuum Gauge

تسمى أجهزة القياس التي تقيس الضغط الأقل من الضغط الجوى بمقاييس التفريغ وتستخدم المقاييس ذات حرف - U وذات أنبوبة بوربون أيضا فى قياس ضغط التفريغ ويستعمل مقياس التفريغ لماكليود كمرجع لمقاييس التفريغ، ويظهر فى الشكل ٤-٥

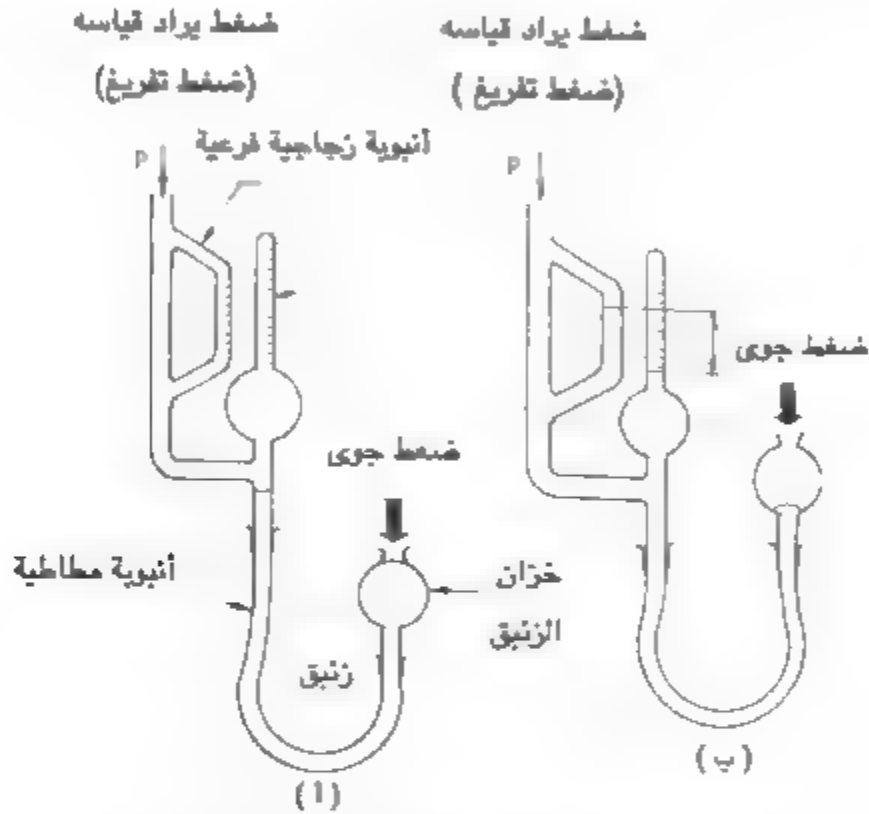
تناسب الموصلية الحرارية للغازات مع الضغط، وذلك تحت تأثير ضغط تفريغ ثابت ويستخدم مقياس بيرانى وأجهزة أخرى بكثرة كمحولات طاقة فى مقاييس التفريغ التي تعتمد على هذه الظاهرة .

٥-٢ استخدام أجهزة قياس الانسياب Instrumentation of Flow

تستخدم الطرق التالية بكثرة فى استخدام أجهزة قياس الانسياب

(١) استخدام آلية خانقة ، ويحسب الانسياب عن طريق الضغط الفرقى (التفاضلى) قبل وبعد الخنق .

- (٢) قياس سرعة الانسياب، ويحسب الانسياب عن طريق السرعة ومساحة المقطع
- (٣) يستخدم عضو دوار أو دقاعة مع الانسياب ، ويحسب الانسياب على أساس سرعة الدوران لها



كما في الشكل (١) ، ينخفض مستوى الزئبق ويحل الضغط المطلوب قياسه وبعد ذلك يتحرك مستوى الزئبق إلى أعلى كما في الشكل (ب) ، ويقفل الغاز (الضغط P) في الوعاء الزجاجي ويتم الحصول على ضغط التفريغ عن طريق فرق ارتفاع مستوى الزئبق بين الوعاء الزجاجي والأنبوبة الزجاجية الفرعية

الشكل ٥-٤ مقياس التفريغ لماكليود Macleod

- (٤) تستخدم المحاثة الكهرومغناطيسية الناتجة من انسياب المائع في مجال كهربائي ويجب أن تؤخذ في الاعتبار تأثيرات خصائص المائع ، ومدى الانسياب ، ودقة القياس ، ودرجة حرارة المائع والضغط واللزوجة والعوامل الأخرى، وذلك عند اختيار مقياس الانسياب

٥-٢-١ مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلى)

Differential Pressure Flowmeter

في حالة توفر خانق ، في جزء من خط الأنابيب ، ذي فتحة ، أو فوهة أو أنبوبة منتوري ، كما في الشكل ٥-٥ ، يتغير الجذر التربيعي للفرق في الضغط قبله وبعده بالتناسب مع معدل ضغط الانسياب . ويتميز مقياس الانسياب بالضغط الفرقى بأنه ذو تركيب بسيط ودقة عالية، وهو يستخدم بكثرة.

وفي كلتا الحالتين ، يمكن حساب الانسياب Q (م^٣/ث) لسائل كما يلي، باستعمال نظرية ومعادلة برنولى :

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)} \quad (5-1)$$

حيث α : معامل الانسياب

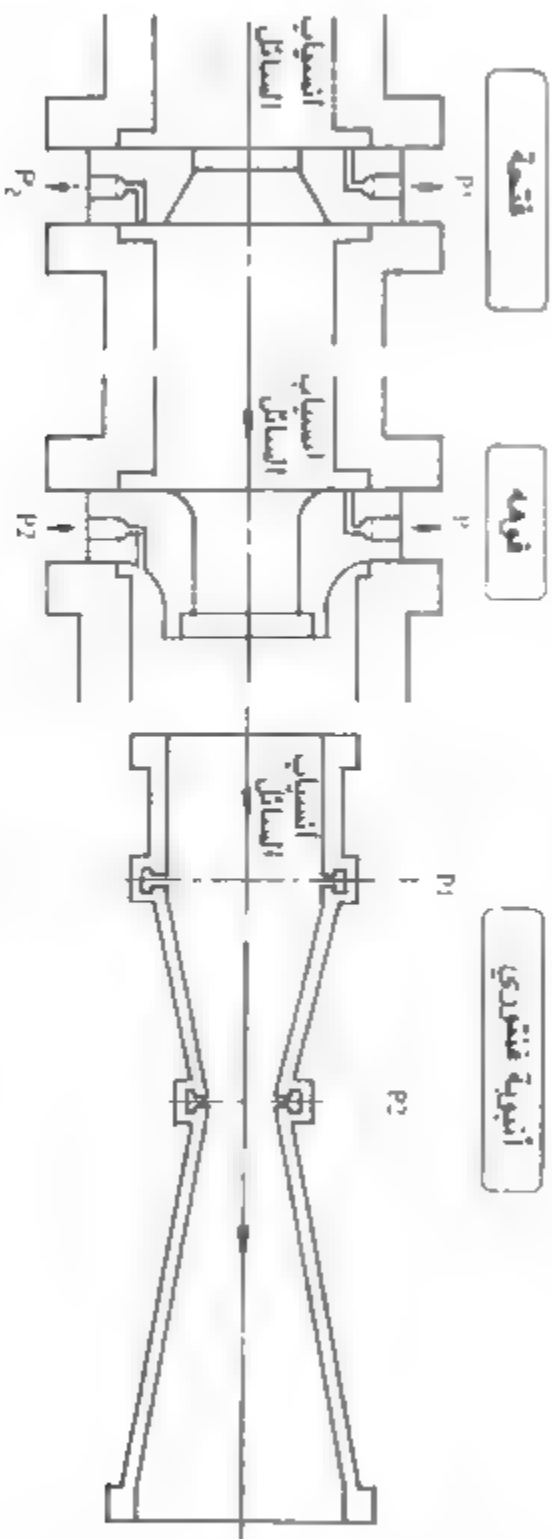
A : مساحة مقطع أقل جزء في الخانق (م^٢)

g : عجلة الجاذبية (م/ث^٢)

γ : الوزن النوعي للسائل (كجم قوة / م^٣)

$(p_1 - p_2)$: الضغط الفرقى (كجم قوة / م^٢)

الفتحة سهلة التنفيذ وبسيطة في التركيب وهي ذات فقد كبير في الضغط
 القزوه : صعبة في التنفيذ وعالية التكاليف
 أنبوبة فنتوري ذات فقد قليل في الضغط ودقة عالية في القياس وتحتاج إلى
 مكان كبير .



الشكل ه - ه فتحة ، قزوه ، وأنبوبة فنتوري

Orifice , Nozzle and Venturi Tube

٥ - ٢ - ٢ مقياس الانسياب دوران المساحة

Area Flowmeter

يحدث الانسياب في حالة مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلى) بتثبيت مساحة الخانق ، وتنتج تموجات (تقلبات) في الضغط الفرقى قبل وبعد الخانق ويقوم مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة، بحساب الانسياب عن طريق تغيير مساحة مقطع الخانق للمحافظة على ضغط فرقى ثابت دائماً

وكما يظهر في الشكل ٥-٦ ، فإن تركيب مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة بسيط، ولا يلزم معه وجود أنابيب مستقيمة قبل أو بعد بوابة خروج الضغط الفرقى. ويمكن تركيبه مباشرة على خط أنابيب ويستخدم لقياس الانسيابات الصغيرة، التي لا يمكن قياسها بواسطة مقياس الانسياب بالضغط الفرقى أو في حالة المواع ذات درجة اللزوجة العالية نسبياً.

٥ - ٢ - ٣ مقياس الانسياب بإزاحة موجبة

Positive Displacement Flowmeter

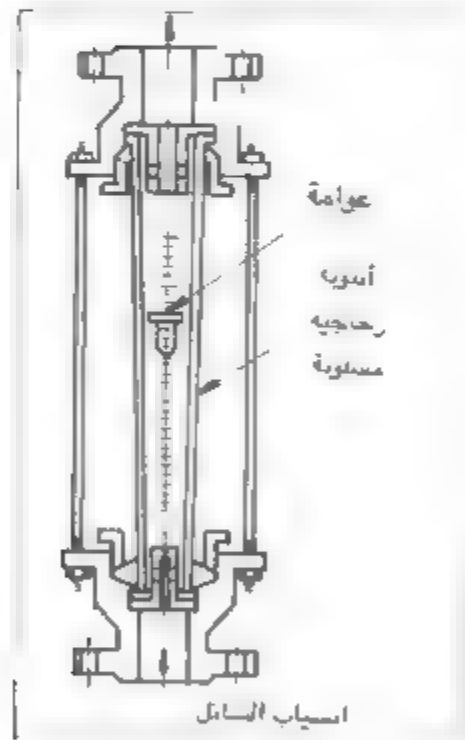
يقوم هذا المقياس بتكامل الأحجام المكعبة للموائع في أنبوبة باستخدام معيار لحجم تكعبي ثابت ، وهو ينقسم إلى الأنواع التالية

[١] مقياس الانسياب البيضاضوى Oval Flowmeter

كما يظهر في الشكل ٥-٧، تدور عجلتان بيضاويتان مسننتان بالتبادل ويمكن الحصول على انسياب حجمي على أساس عدد لفات العجلات المسننة.

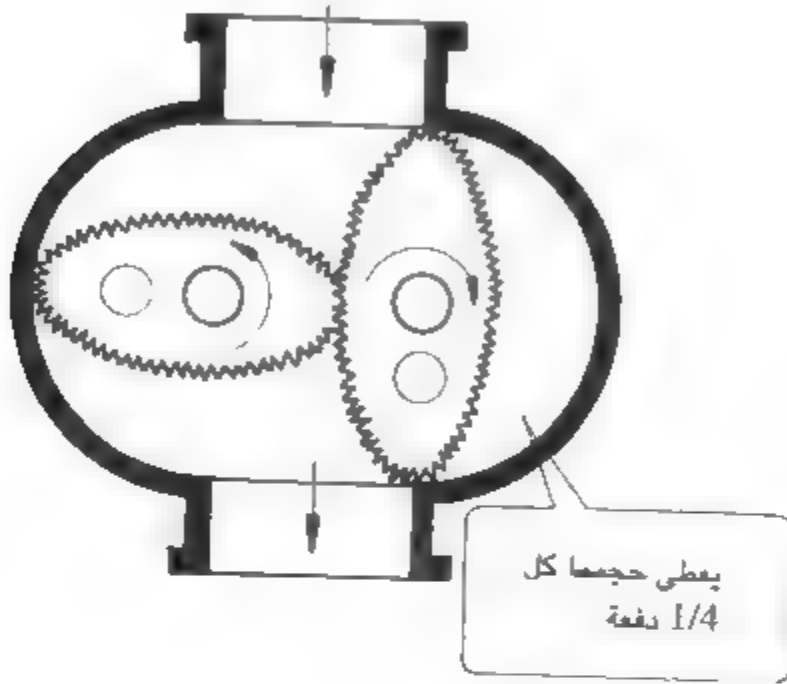
تستخدم مقاييس الانسياب البيضاضوية في قياس انسياب سوائل ذات درجات لزوجة مختلفة بما فيها البنزين والزيوت الثقيلة .

ينساب السائل من أسفل إلى أعلى في الأنبوبة الزجاجية المستوية ، عند العوامة في التحرك إلى أعلى ، وتتوقف العوامة في وضع موازنة تام بين وزنها (وزنها ناقص الطفوئية) والضغط الفرقى أعلى وأسفل العوامة . وبذلك يتم الحصول على كمية الانسياب ، ويسمى مقياس الانسياب على أساس تغير المساحة بمقياس العضو الدوار ، عادة ، ويستخدم بكثرة



الشكل ٦-٥ مقياس الانسياب على أساس تغير المساحة من نوع العوامة

انسياب السائل

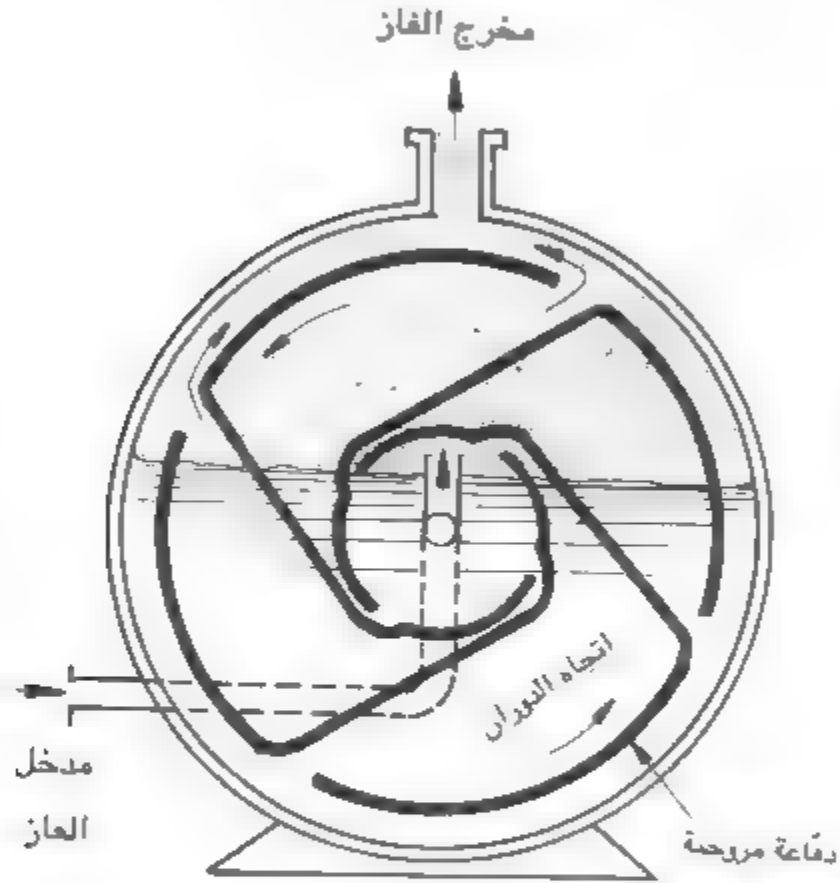


الشكل ٥ - ٧ مقياس الانسياب البيضاوي

[٢] مقياس الغاز الرطب Wet Gas Flowmeter

يمكن لهذا المقياس قياس مقادير من الغازات التي تعر على أساس عدد اللفات ، كما في الشكل ٥- ٨ ولهذه المقاييس دقة جيدة (0.5%) وفقد صغير في الضغط ، ولذلك تستخدم بكثرة في أغراض التجارب والفحص، وكذلك في التعاملات التجارية الكبيرة ، والتعاملات مع الحجم في المصانع.

يرسل الغاز من مدخل الاسطوانة التي
تحتوى على ماء ذي مستوى ثابت من الداخل .
والفرق في الضغط للغاز بين المدخل والمخرج
يدير الدفاعة المروحية في اتجاه السهم .

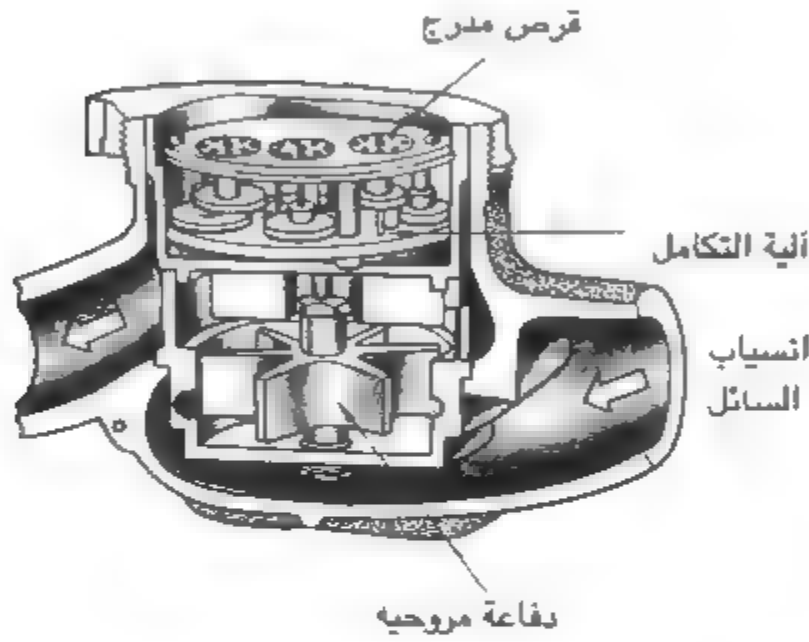


الشكل ٥-٨ مقياس الغاز المبلل

٥-٢-٤ مقياس الانسياب المروحي (بدفاعة) Impeller Flowmeter

يبين الشكل ٥ ٩ ، تركيب مقياس الانسياب المروحي ، الذي يستخدم في مقياس المياه المنزلى (عداد المياه المنزلى) ولمقياس الانسياب المروحي دقة (4%) وحساسية أقل من مقياس الانسياب بالازاحة الموجية، ولكنه بسيط التركيب وعالى المتانة

تتحول طاقة السائل إلى دوران الدفاعة المروحية
ينساب السائل بطريقة مماسة لها ويتناسب دوران
الدفاعة المروحية مع سرعة السائل ، وعليه تحسب القيمة
المتكاملة للا نسحاب عن طريق دورانه



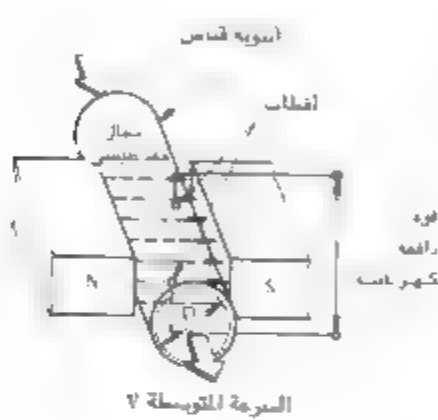
الشكل ٩-٥ مقياس الانسحاب المروحي (ذو دفاعة مروحية)

وبدلاً من استخدام آلية التكامل الميكانيكية العادية ، تعتمد مقاييس الانسحاب ذات
البيان الرقمي على شبه موصل لعنصر مقاومة مغناطيسي مصنوع من مركب من الانديوم
والأنتيمون، يثبت على الجدار الجانبي للأسطوانة . وتتحول دورات الدفاعة إلى تغيرات في
المقاومة الكهربائية الناتجة من تغيرات المجال المغناطيسي، وتنتج إشارات كهربائية تنظر
بدرجات الدفاعة وعدد أسنان العجلة المسننة

٥-٢-٥ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Flowmeter

يستخدم مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي بكثرة في نطاق كبير من الاستخدامات بدءاً من قياس الانسياب في المواسير الرئيسية ذات القطر الكبير لمياه المدينة ، حتى قياس الانسيابات الدقيقة للدم في الأوعية الدموية وبين الشكل ١٠-٥ ، المبادئ الخاصة به



عندما ينساب السائل في مجال مغناطيسي تنتج قوة دافعة كهربائية (تتناسب مع السرعة المتوسطة) تتعامد مع المجال المغناطيسي وعلى ذلك ، في حالة أنبوبة مجهزة ذات قطر ثابت ، يكون جهد القزح (الذي يسجّل من زوج من الأقطاب) متناسباً مع كمية تدفق السائل حيث $E = B D v$ E جهد القزح فولت B الكث المغناطيسي (ويبر / م²) v السرعة المتوسطة (م / ث)

الشكل ١٠-٥ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي

٥ - ٢ - استخدام أجهزة قياس مستوى السائل

Instrumentation of Liquid Level

٥-٢-١ مبين مستوى السائل ذو العوامة

Float Liquid Level Indicator

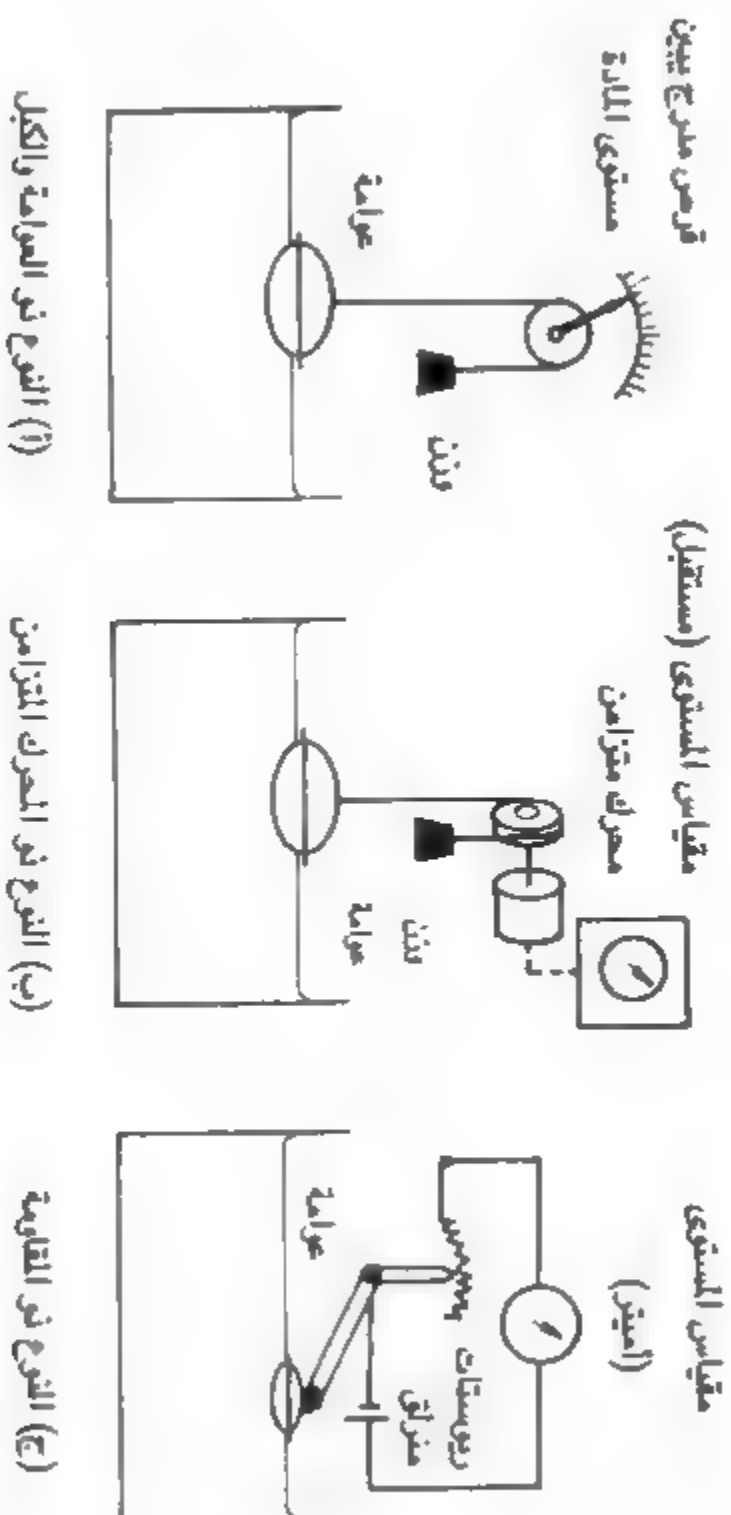
كما يظهر في الشكل ١١-٥ ، يستخدم هذا المبين عوامة تطفو على سطح السائل ويقاس مستوى السائل بناءً على موضع العوامة

٥-٢-٢ مَبِين مستوى السائل بالضغط

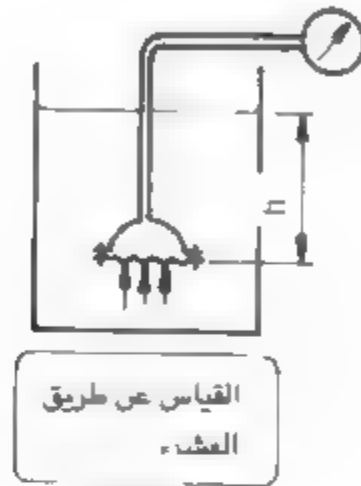
Pressure Liquid Level Indicator

كما يظهر في الشكل ٥-١٢ ، يقوم هذا المَبِين بتحديد ارتفاع سطح السائل h من الوضع الذي يتم فيه القياس ، بناءً على مستوى الضغط المناسب .

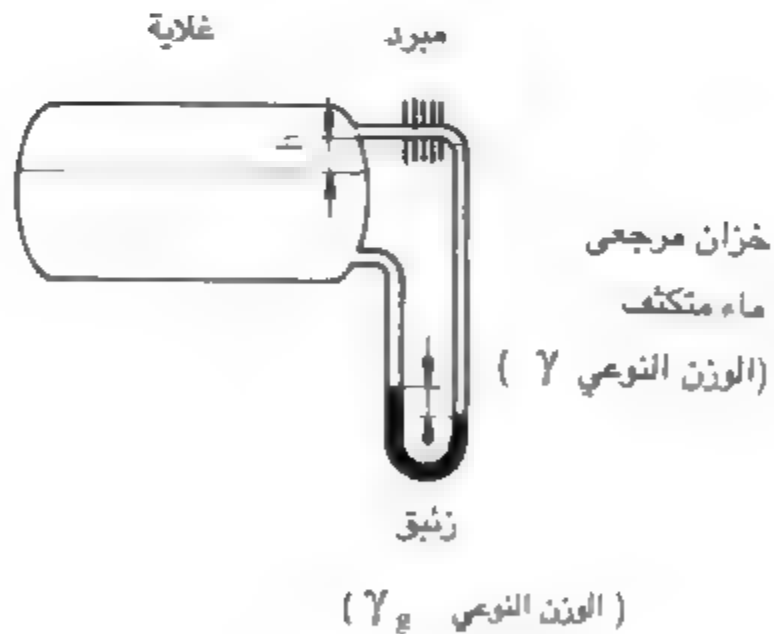
وكما في الشكل ٥-١٣ ، يحتوى الخزان المرجعي للمَبِين، الذي يستخدم للتحكم في مستوى السائل في الغلايات أو المعدات الأخرى ، على ماء متكثف عن طريق مبرد مملوء بماء حتى مستوى معين ، تم تحديده مسبقاً (فوق الزئبق) ، ويفرض أن الوزن النوعي للزئبق هو γ_g وللماء المتكثف هو γ في نفس الوقت ، تنتج العلاقة $(h_g + h) = \gamma_g h_g$. وعلى ذلك ، يمكن معرفة h بقياس h_g . وفي الحقيقة ، كثيراً ماتم القياسات باستخدام محول طاقة بالضغط الفرقي (التفاضلي) أو محول فرقي (تفاضلي) .



الشكل ٥ - ١١ مبدئ مستوى السائل ذو العائمة



الشكل ١٢-٥ مبيان مستوى السائل بالضغط

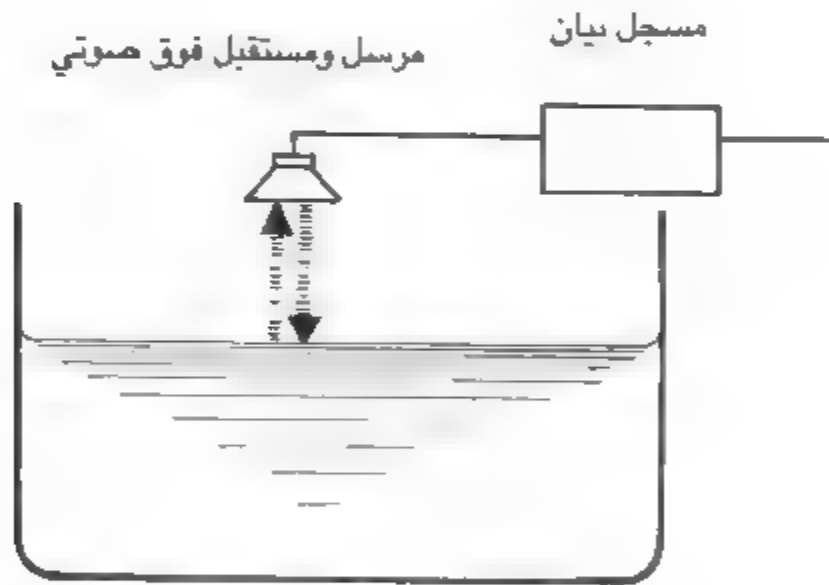


الشكل ١٣-٥ مبيان مستوى السائل بالضغط الفرقى (التفاضلى)

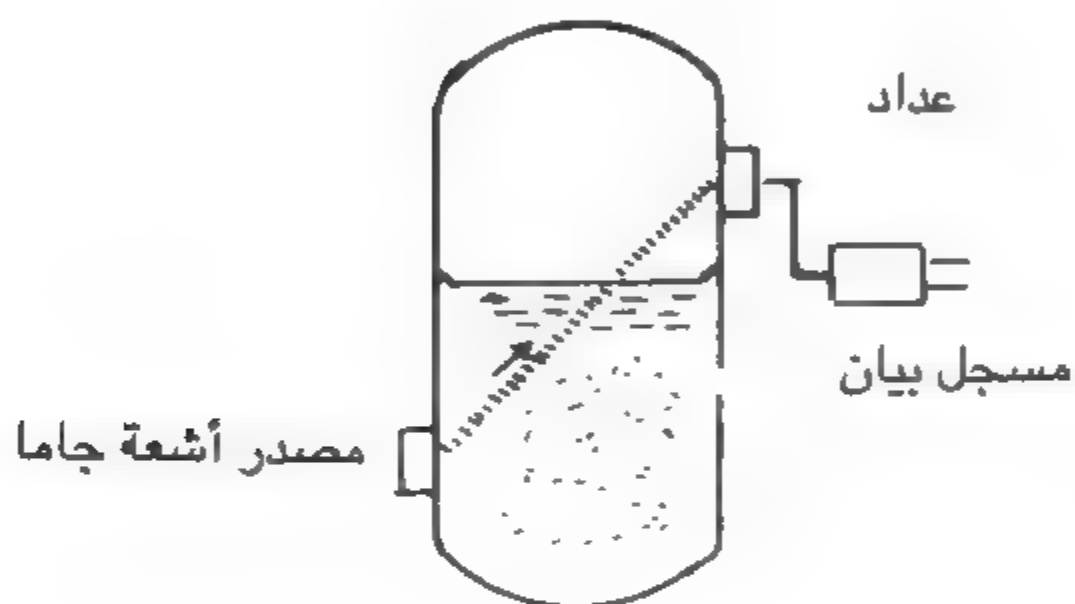
٥ - ٢ - ٢ مبيّنات أخرى لمستوى السائل

يمكن قياس ارتفاعات مستوى السائل باستخدام مرسل / مستقبل فوق صوتي كما يظهر في الشكل ٥ - ١٤. وتستخدم هذه الطريقة لكشف أسطح المساحيق والحببيات

وبين الشكل ٥-١٥، طريقة بث شعاع إشعاعي ذي نفاذية قوية، مثل أشعة جاما ، من الخارج ، وتناسب إشارة دخل الكاشف مع تغييرات مستوى السائل، وبذلك يمكن تحديد ارتفاع مستوى السائل وتستخدم هذه الطريقة في حالة تعذر وضع عنصر القياس في الخزان بسبب درجة الحرارة العالية أو لأسباب أخرى



الشكل ٥-١٤ مبيّن مستوى السائل فوق الصوتي Ultrasonic



الشكل ٥-١٥ مقياس مستوى السائل بشعاع إشعاعي Radiation ray

تمريعات

١ - اذكر مقياس الضغط الأكثر مناسبة لقياس الضغط في كل حالة من الحالات الآتية:

- (١) الغاز المنزلي في المدينة
- (٢) دفع هواء إلى فرن الصهر .
- (٣) آلية التشغيل الهيدروليكية لآلة تشغيل .
- (٤) الضغط داخل اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي

٢ اذكر جهازا لقياس الضغط بطريقة كهربائية باستخدام مقياس ضغط بعمود سائل، وبينه برسم تخطيطي .

٣- إذا كان الضغط الفرقي قبل وبعد مقياس الانسياب هو $p_1 - p_2 = 50$ مم ماء (H_2O) ، عندما كانت $A = 30$ سم^٢ و $\alpha = 0.98$ في أنبوبة فنتوري فما هو الانسياب ؟

(الإجابة: 2.9×10^3 سم^٣/ث)

- ٤ - إذا كان ضغط الهواء في مَبْنَى مستوى السائل بالضغط ، في الشكل ٥-١٢ ، هو 530 مم ماء (H_2O) على مقياس الضغط ، وفرض أن الوزن النوعي للسائل في الخزان هو 0.8 ، فما هو ارتفاع مستوى السائل ؟
- (الإجابة : 66.3 سم) ،

٥ - باني طريقة يتم بيان مقدار البنزين في خزان وقود السيارة على العداد (الموجود) أمام كرسي السائق ؟

٦ - ما هي الطريقة التي يوصي بها لقياس مستويات السوائل الآتية

(١) مستوى السائل في خزان محكم .

(٢) القياس عن بعد لمستوى مياه سد

هوامش

(١) تنقسم مقاييس الضغط إلى مقاييس ضغط (أعلى من الضغط الجوي)، ومقاييس تفريغ (أقل من الضغط الجوي) ومقاييس ضغط مركبة (تؤدي وظائف كل من مقاييس الضغط والتفريغ) ومقاييس الضغوط التي تتراوح (تتعاوج) في زمن قصير داخل اسطوانات محركات الاحتراق الداخلي تسمى مبيّنات ضغط وتختلف عن مقاييس الضغط .

الفصل السادس

استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة INSTRUMENTATION OF TEMPERATURE AND HUMIDITY

٦-١ استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة

درجة الحرارة هي الكمية التي تبين عددياً درجة البرودة أو الدفء، ويعبر عنها بدرجة الحرارة الترمودينامية أو المثوية .

٦-١-١ مقياس درجة الحرارة Temperature Scale

يستخدم مقياس درجة الحرارة الترمودينامي المبني على أساس قانون التمدد الحراري للغاز المثالي كوحدة رئيسية لمقياس درجة الحرارة

* ويعبر عن وحدة درجات الحرارة في مقياس درجة الحرارة الترمودينامي بـ كلفن (رمزها K) ونستخدم الدرجة 273.16 كلفن كنقطة ثلاثية لماء (١)

وبشكل عام ، يستخدم مقياس درجة الحرارة المثوية (رمزها $^{\circ}$ م) للتعبير عن درجة الحرارة . ويستعمل هذا المقياس نقطة التجمد صفر $^{\circ}$ م ونقطة الغليان 100° م للماء وترتبط درجة الحرارة المثوية 1° م ودرجة الحرارة الكلفنية T (كلفن) بالعلاقة

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.16 \quad (6-1)$$

ومقياس درجة الحرارة الترمودينامي عبارة عن مقياس رئيسي نظري غير أنه ليس مناسباً في الاستخدام ، ولذا يستخدم مقياس درجة الحرارة العملي الدولي ، الذي تم

ضبطه ليتطابق مع المقياس المنوي لدرجة الحرارة ولقد وضع مقياس درجة الحرارة العملى الدولى باستخدام بيان أجهزة القياس التي تم ضبط مقاييسها على أسس درجات حرارة حالات المواد التي يمكن إعادة إنتاجها بسهولة (بتعريف النقطة الثابتة) ، كما هو موضح في الجدول ٦-١ .

٦-١-٢ أنواع ومدى القياس للترمومترات

Types and Measuring Ranges of Thermometer

تنقسم الترمومترات ، بشكل تقريبي ، تبعاً لطريقة القياس إلى طريقة التلامس ، وفيها يتم القياس بالتلامس المباشر مع الجسم ، وطريقة عدم التلامس ، وفيها يتم القياس من مكان بعيد . ويلخص الجدول ٦-٢ ، أنواع ونطاقات العمل وخصائص الترمومترات التي تستخدم حالياً في الصناعة ،

٦-١-٣ الترمومتر المعدنى Metallic Thermometer

للترمومترات المعدنية تركيب بسيط وقوة دفع كبيرة وهي قوية ويمكن لبعضها أن يعمل ليس فقط كمؤشر وقلم تسجيل ، ولكن كمنظم لدرجة الحرارة أيضاً ، غير أن الترمومترات المعدنية لا تستطيع أن تقيس التغيرات الصغيرة في درجات الحرارة أو درجات الحرارة العالية (أكبر من 600°C) .

الترموتر ثنائي المعدن الثنائي المعدني عبارة عن رقيقة من لوحين من نوعين مختلفين من المعادن ، تختلف معاملات تمددها . ويستخدم الثنائي المعدني في الترمومترات ، كما يستخدم أيضاً في مفاتيح التحكم في درجات الحرارة كمنظمات حرارة (ثرموستات) وفي أجهزة أخرى . (أنظر الشكل رقم ٦-١)

درجة الحرارة (°م)	ثابت الإتران
259.340	النقطة الثلاثية للإتران للهيدروجين
- 256.108	نقطة غليان الإتران للهيدروجين 25/76 جوي
252.870	نقطة غليان الإتران للهيدروجين *
- 246.048	نقطة غليان النيون *
2.8789	النقطة الثلاثية للأكسجين
- 182.962	نقطة غليان الأكسجين
0.010	النقطة الثلاثية للماء
100.000	نقطة غليان الماء ،* ،**
419.580	نقطة تجمد الزئبق
961.930	نقطة تجمد الفضة
1064.430	نقطة تجمد الذهب

* حالة الإتران عند الضغط الجوي القياسي 101325 بيوس/م²

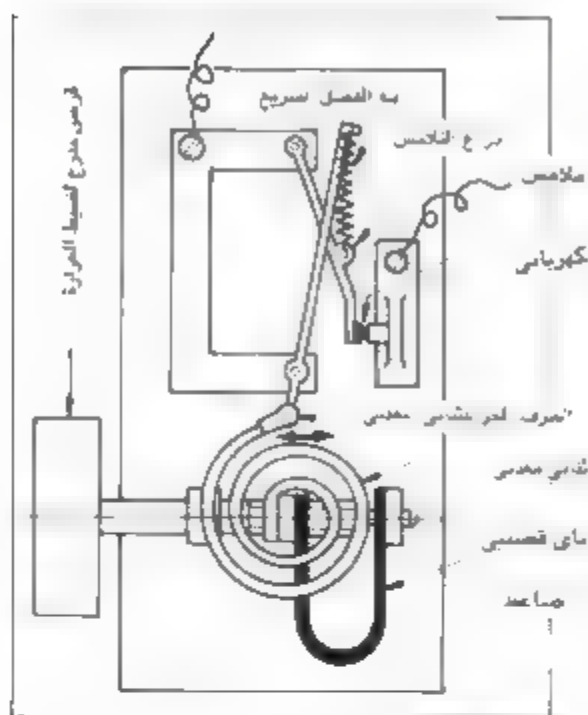
** نقطة تجمد اقصدير 231.9681 م ممكنة بدلاً من الماء

تعريف النقطة الثابتة

جدول ٦-١

طريقة لقياس	مدى تقاس	لنوع	مدى تقاس (م ⁹)	المصنوع
طريقة سلامس	إستخدام الحراري ، وتغير ضغط	ترومومتر من نوع سائل في رجاغ	100 - 100	مائل عصوي
			15 - 36 (عادي)	رديق
		ترومومتر معدني	50 - 500	ثمانتي معدني
			50 - 500 (رقيق)	مانع تحت ضغط
	إستخدام الظاهرة الحرارية الكهربائية	ترومومتر حراري كهربائي	100 - 200	ضغط لمعاد
			600 - 1700	مربوطة حرارية P
			D - 1600	مربوطة حرارية R
				مربوطة حرارية S
			300 - 1200	مربوطة حرارية K
			200 - 800	مربوطة حرارية E
			0 - 750	مربوطة حرارية
			200 - 350	مربوطة حرارية T
طريقة عدم سلامس	إستخدام التغير في المقاومة الكهربائية	ترومومتر المقاومة	200 - 600	مقاومة Pt لقياس الحرارة
			50 - 500	مقاوم حراري
طريقة عدم سلامس	إستخدام حرارة الإشعاع	ترومومتر بالأشعاع الحراري	200 - 2000	بيرومتر حراري
			0 - 1000	ترومومتر بالأشعاع تحت الاحمر

لجدول ٦ - ٢ لأنواع ومدى لقياس لترومومترات



عندما ترتفع درجة الحرارة يتحرك الطرف الحر للثنائي المعدني في اتجاه اليمين فيدفع كتماس كهربائي ويعد مسافة ما من الضغط ، يتحرك زوج التماس في اتجاه اليسار فجأة ويقطع التماس وعندما تنخفض درجة الحرارة يتحرك الطرف الحر للثنائي المعدني في اتجاه اليسار وينقل الدائرة عن طريق الهياكل التوحيدي وعندما يدور القرص المدرج لضبط درجة الحرارة ، يتحرك الطرف الثابت للثنائي المعدني في اتجاه اليمين واليسار ويمتاز وضع فتح / قفل للتماس تما درجة الحرارة وهذه الطريقة يمكن ضبط درجة حرارتها مسبقاً

الشكل ٦-١ ثرموستات ثنائي المعدن Bimetal Thermostat

١-٦ أ الترمومتر الكهربائي Electric Thermometer

[١] الترمومتر الحراري الكهربائي Thermoelectric Thermometer

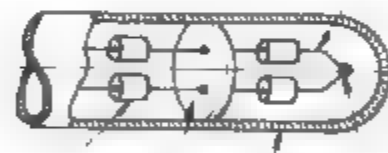
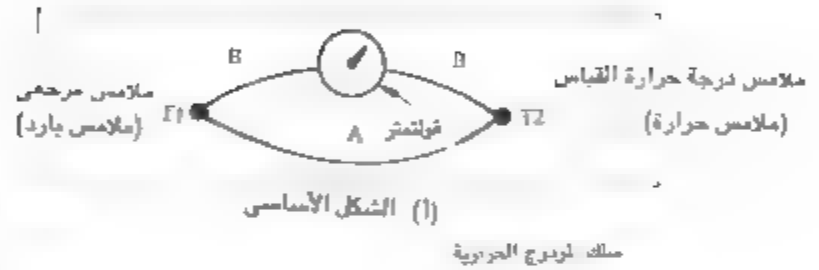
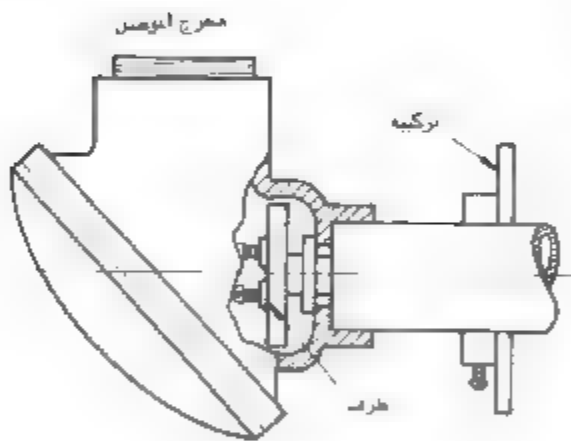
يقيس الترمومتر الحراري الكهربائي درجة الحرارة باستخدام القوة الدافعة الحرارية الكهربائية التي تتولد في مزيج حراري ، والمزوجة الحرارية عبارة عن اتحاد معدنين مختلفين لتوليد قوة دافعة حرارية كهربائية. وكما يظهر في الشكل ٦-٢ (١) ، تكون دائرة واحدة مغلقة باستخدام أسلاك معدنية من معدنين مختلفين A, B من 104 نوع من المعادن .

ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزيين المتصلين ($t_2 > t_1$) ، تتولد قوة دافعة كهربائية وتسبب مرور تيار تسمى هذه الظاهرة التأثير الحراري الكهربائي أو تأثير سيبيك Seebeck والقوة الدافعة الكهربائية الناتجة في هذا الوقت تسمى القوة الحرارية الكهربائية ويتحدد مقدار هذه القوة الدافعة تبعاً لأنواع المعدنين المستخدمین والفرق في درجة الحرارة للجزيين المتصلين والجزآن المتصلان ، يسمى أحدهما الوصلة المرجعية (وصلة باردة) ، والجزء الآخر لقياس درجة الحرارة ، يسمى وصلة قياس الحرارة (الوصلة الساخنة) ،

وبشكل عام، فللمزدوجة الحرارية أنابيب عازلة تثبت داخل أنابيب حماية معدنية أو غير معدنية كما في الشكل ٦-٢ (ب) . وفي الوقت الحالي ، تحدد الـ JIS سبعة أنواع كمزدوجات حرارية تستخدم في قياس درجات الحرارة ، كما في الجدول ٦-٢

[٢] الترمومتر ذو المقاومة Resistance Thermometer

تتغير المقاومة الكهربائية للأسلاك المعدنية أو أشباه الموصلات تبعاً لتغيرات درجة الحرارة ، ويقاس الترمومتر ذو المقاومة درجة الحرارة باستخدام تغيرات المقاومة



ملاص لقياس درجة الحرارة
ملاص مرجعي
ملاص درجة حرارة القياس
ملاص حرارة

(ب) الرسم التخطيطي للمزوجة الحرارية

الشكل ٦-٢ المزوجة الحرارية Thermocouple

محدود الاستخدام (م ³)		الزيادة		الرمز السابق	الرمز
تسحيب رانلد	عادي	الحاف	لحاف +		
1700	1500	سبيكة من اللاتين والروديوم (٢/١ روديوم)	سبيكة من اللاتين والروديوم (٢/١ روديوم)	—	B
1600	1400	بلاتين	سبيكة من اللاتين والروديوم (٢/١ روديوم)		R
		بلاتين	سبيكة من اللاتين والروديوم (٢/١ روديوم)		S
850 ~ 1200	650 ~ 1000	سبيكة من النيكل	سبيكة من النيكل والكروم	CA	K
500 ~ 800	450 ~ ٧00	سبيكة من النحاس والنيكل	سبيكة من النيكل والكروم	(K)	E
500 ~ 750	400 ~ 600	سبيكة من النحاس والنيكل	حديد	IC	I
250 ~ 350	200 ~ 300	سبيكة من النحاس والنيكل	نحاس	(C)	T

(رجع إلى 1984 1982 1984)

المجلد ٦ ٣ أنواع المزججة الحرارية (حسب مواصفات JIS)

(أ) الترمومتر ذو المقاومة البلاتينية

Platinum Resistance Thermometer Bulb

تتغير قيم المقاومة الكهربائية لأسلاك البلاتين تغيراً خطياً مع تغيرات درجة الحرارة، وهي ذات حساسية عالية ولذلك تكون أسلاك البلاتين مناسبة للقياسات الدقيقة لدرجة الحرارة وقطر السلك يساوي 0.05 مم تقريباً وتوضع الترمومترات ذات المقاومة داخل حاوية معزولة أو أنبوية حماية، لوقايتها من التآكل والانفعالات الحرارية الخارجية مثل المزيجات الحرارية.

(ب) المقاوم الحراري (مقاومة حساسة للحرارة)

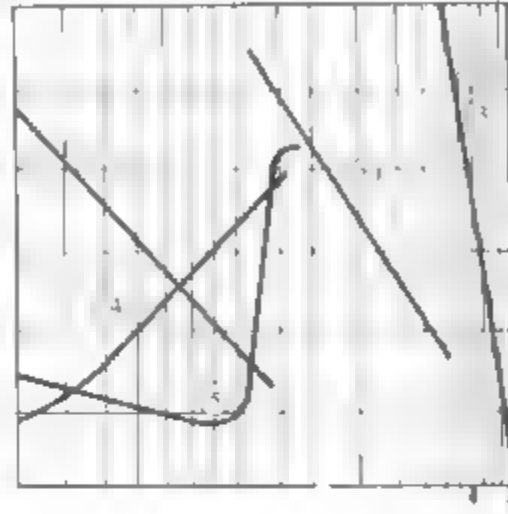
Thermistor (Thermal Sensitive Resistor)

عبارة عن بصيلة ترمومتر ذي مقاومة شبه موصلة، وهو عبارة عن أكسيد معدني متلبد مثبت عليه قطب ويبين الشكل ٦-٢، الخصائص النموذجية للمقاوم الحراري

والمقاوم الحراري حساسية عالية ويمكن أن يُنتج بكميات كبيرة بعمليات التلبيد وهي منخفضة التكاليف ويمكن أن ينتج بأي شكل، ويمكن أن يوضع بعضها في أنبوية ذات قطر ١ مم وبالمقارنة مع الترمومترات ذات المقاومة البلاتينية، فإن السعة الحرارية لها صغيرة واستجابتها جيدة ويبين الشكل ٦-٤، ترمومتر مائي للآلات الحرارية

ويستخدم العنصر المبين في البند (٥) من الخصائص المعروضة في الشكل ٦-٢، في مكيفات الهواء كمفتاح تشغيل (قدرة) دون الحاجة إلى مفتاح تحكم خاص بالإضافة إلى ذلك، فقد تم تطوير مقاومات حرارية مختلفة لاستخدامها في الأجهزة الكهربائية المنزلية، وتستخدم بكثرة كعناصر لقياس درجة الحرارة تبعاً لنوع التطبيق

مقاومة المقوم الحراري R (مقياس لوغاريتمي)



١ أكسيد المنجنيز ، نيكل
٢ حديد ، نحاس ، كوبلت ، الخ

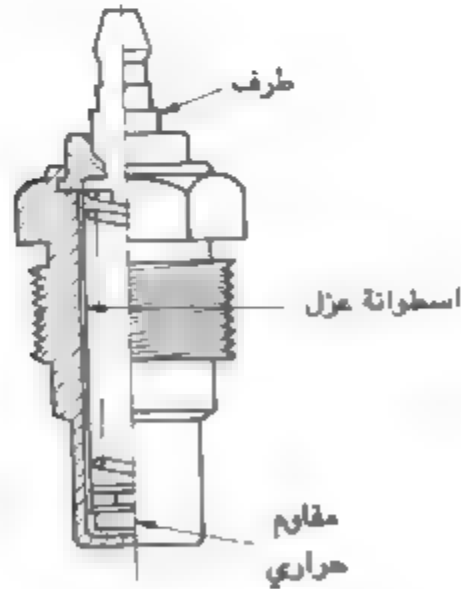
٣ سيراميك لدرجة الحرارة العالية

٤ تيتانيوم الباريوم

٥ استخدامات خاصة

درجة الحرارة T (مقياس لوغاريتمي)

الشكل ٦ - ٢ الخصائص النموذجية للمقاومات الحرارية



الشكل ٦ - ٤ الترمومتر المائي للالات الحرارية

٦ - ١ - ٥ ترمومتر الإشعاع الحرارى

Thermal Radiation Thermometer

تبث الأجسام طاقة إشعاعية ذات أطوال موجية مختلفة، وتسمى هذه الظاهرة ، الإشعاع الحرارى . ويقاس ترمومتر الإشعاع الحرارى درجة حرارة الجسم باستخدام العلاقة الثابتة بين شدة الإشعاع الحرارى ودرجة حرارة الأجسام (قانون بلانك Planck Law)

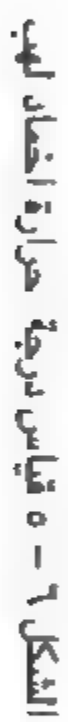
[١] البيرومتر الضوئى The Optical Pyrometer

يقاس البيرومتر الضوئى درجة الحرارة من التيار الذي يمر في المصباح الكهربائى للبيرومتر الضوئى عندما يتساوى تصوع الجسم المطلوب قياس درجة حرارته مع فتيلة مصباح البيرومتر . والبيرومتر الضوئى جهاز سهل في الحمل والقياس ، ولهذه الأسباب تستخدم البيرومترات الضوئية بكثرة في الأغراض الصناعية غير أن المهارة مطلوبة لتشغيلها، كما أنه لا يمكن قياس درجات حرارة أقل من 700°C

[٢] ترمومتر الأشعة تحت الحمراء Infrared Thermometer

للأشعة تحت الحمراء أطوال موجية أطول من الأشعة المرئية وهذه الأشعة ليست مرئية للعين البشرية ، ولكن جزءاً منها نشعر به كحرارة . وجميع الأجسام التي لها درجة حرارة تبث أشعة تحت الحمراء ذات أطوال موجية مختلفة تبعاً لدرجة الحرارة.

ويقوم ترمومتر الأشعة تحت الحمراء بتجميع طاقة الانبعاث التي تنبعث من الأجسام باستخدام عدسة أو مرآة كروية، وتحويلها إلى كميات كهربائية عن طريق مزوجة حرارية أو مقاوم حرارى أو خلية كهروضوئية أو أي جهاز آخر من أشباه الموصلات لقياس درجات الحرارة . ويتم القياسات دون تلامس ويمكن قياس درجات حرارة الأجسام المتحركة أو ذات درجة الحرارة العالية عن بعد. ويبين الشكل ٦-٥، قياس درجة إخماد لهب



٦-١ - ٦ استخدام أجهزة قياس درجات الحرارة لعمل مخطط حراري

Pattern Instrumentation of Temperature

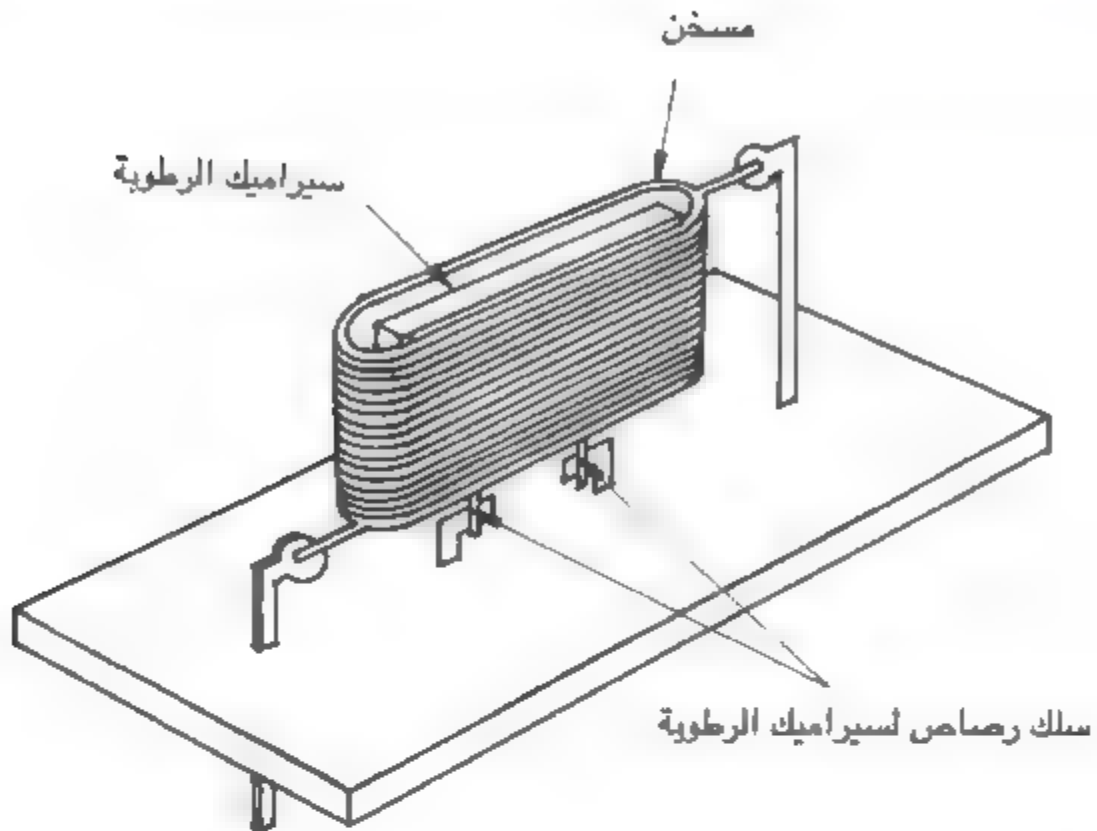
كان قياس درجة الحرارة في الماضي يتم بقياس درجات الحرارة عند النقطة المطلوبة . غير أنه في عديد من الحالات ، يكون من المفيد أن نعبر عن درجة الحرارة بالتعبير عن الامتداد لبيان درجة الحرارة ، إذا كانت الأجسام المراد قياسها ذات امتداد فراغي ، مثل حالة قياس درجة حرارة جدار الفرن العالي . واستخدام أجهزة القياس في قياس كميات فراغية مختلفة ، مع التأكيد على شكل التوزيع يسمى استخدام آلات القياس لعمل مخطط حراري . أما الكميات النظامية التي يتم التعامل معها فهي الإشعاع الحراري ، والضغط ، ولانسياب ، والإجهاد ، والانفعال ، والمظهر الجانبي للسطح وبنود أخرى .

٦-٢ استخدام أجهزة قياس الرطوبة

الرطوبة هي معيار لبيان كمية بخار الماء التي يحتويها غاز ، ويعبر عنها بالرطوبة المطلقة (الوحدة جم/م^٣) والرطوبة النسبية (الوحدة %) .

وتشمل طرق قياس الرطوبة ، استخدام الهيجرومتر (جهاز قياس الرطوبة النسبية في الجو) ، والترمومتر ذا البصيلة المبللة والجافة ، وجهاز قياس نقطة الندى ، وعنصر المقاومة الكهربائية . وحديثاً ، زادت الطلبات على استخدام أجهزة القياس والتحكم بالنسبة للرطوبة مع درجات الحرارة في المصانع ، والتكييف داخل المنازل ، وصناعة الأغذية والتخزين ومجالات أخرى .

ويبين الشكل ٦-٦ ، جهاز حساس للرطوبة ، يستخدم مادة شبه موصلة تتغير قيمة مقاومتها الكهربائية وفقاً للرطوبة . فيتم طحن أكسيد معدني سيراميكي وأكسيد التيتانيوم إلى مسحوق ، وتلبد عند درجات حرارة عالية . ويتم عمل عدد كبير من الثقوب الصغيرة بقطر ١ ميكرومتر تقريباً . وبهذا يتم تكبير مساحة السطح لتحسين الحساسية للرطوبة .



الشكل ٦-٦ جهاز حساس للرطوبة Moisture Sensitive Device

وتقسم الهيجرومترات إلى نوعين النوع الأول يستطيع قياس تغيرات الرطوبة النسبية في مدى واسع نسبياً والثاني ، يستطيع القياس في مدى ضيق ، حسب الاختلاف في مكونات الجهاز الحساس بالرطوبة وعادة ، تستجيب المقاييس في حوالى 20 ثانية إذا تغيرت الرطوبة النسبية من 0% إلى 50% أو من 100% إلى 50% . ويتم تسخين المسخن الذي يحيط بالجهاز الحساس بالرطوبة أوتوماتيكياً إلى 400°C ، عند انخفاض الحساسية وذلك للتخلص من البقع المتعلقة بسطح الجهاز وبذلك يتم استعادة قدرة الإحساس بالرطوبة للجهاز إلى حالتها الأولى

٣ ٦ استخدام أجهزة قياس الغازات Instrumentation of Gases

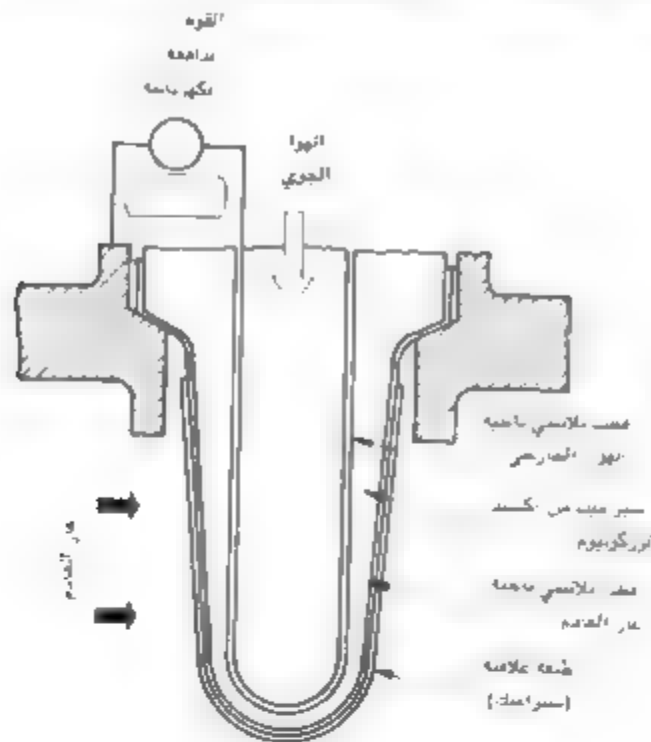
[١] استخدام أجهزة قياس كثافة الأكسجين

Instrumentation of Oxygen Density

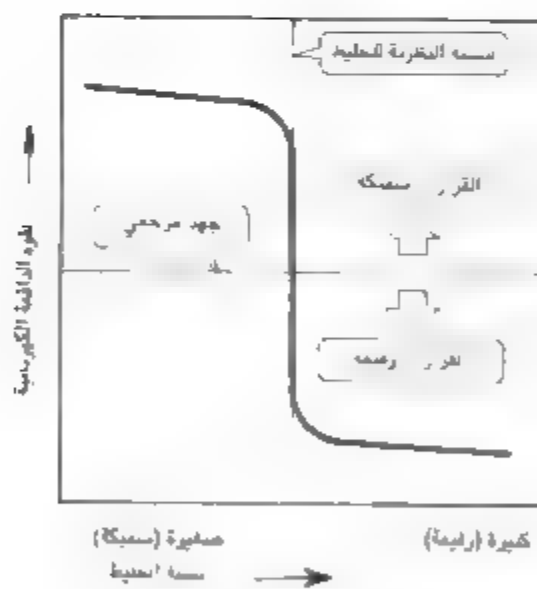
كما يبدو في الشكل ٦-٧ ، يحتوي حساس الأكسجين O_2 على شبه موصل سيراميكي من أكسيد الزركونيوم ZrO_2 ، مغطى بالبلاتين على جانبيه ويولد عنصر أكسيد الزركونيوم قوة دافعة كهربائية عند وجود اختلاف في كثافة الأكسجين على جانبيه وأحد خصائصه أن القوة الدافعة الكهربائية تتغير بسرعة، فتتعدى نسبة الخلط النظرية (٢) للهواء والوقود عن طريق التأثير المحفز للبلاتين عندما تكون درجة الحرارة عالية ويوضع حساس الأكسجين في أنابيب العادم للسيارات للكشف عن كثافة الأكسجين في غازات العادم، وتعاد إشارات كثافة الأكسجين إلى نظام حقن الوقود لتجعل مقدار الهواء الذي يسحب إلى المحرك مثالياً، وبالتحكم المناسب في نسبة خلط الهواء والوقود ، يمكن تقدير كل من الهيدروكربون ، و أول أكسيد الكربون ، وأكسيد النيتروجين التي تحتويها العوادم

[٢] استخدام أجهزة لقياس الغازات الأخرى

تعتبر عملية الكشف عن غاز البرويين والغازات الأخرى في المدن من العمليات الهامة من ناحية السلامة وقد تم تطوير واستخدام الأجهزة المختلفة ذات المقاومة الكهربائية ، التي تتأثر بهذه الغازات .



(أ) الشكل



(ب) العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية ونسبة الخلط

الشكل ٦-٧ حساس الأكسجين O_2

تمريعات

١- اكتب قيمة 18.00° م بالكفن

(الإجابة : 291.15 كفن)

٢- اشرح النقطة الثالثة للماء واكتبها بالتقدير المئوى

(الإجابة : 0.01° م)

٣- اذكر كيفية قياس درجة الحرارة أو الرطوبة في الأجهزة الكهربائية المنزلية حولك

جدول تحويل الوحدة الرئيسية ل وحدات SI

المراجع		
القوة		
نيوتن (N)	كجم قوة (kgf)	
9.806 65	1	
1	1.01972×10^{-1}	
الإجهاد		
باسكال (Pa)	ميجا باسكال أو نيوتن/مم ² كجم قوة / مم ² (kgf/mm ²)	(MPa or N/mm ²)
9.80665×10^6	9 806 65	1
1×10^6	1	1.01972×10^{-1}
1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}
الضغط		
باسكال (Pa)	مم زئبق (mmHg)	ضغط جوي (atm) كجم قوة / مم ² (kgf/cm ²)
9.80665×10^4	7.35559×10^2	9.67841×10^{-1}
1.01325×10^5	7.60000×10^2	1
1.33322×10^2	1	1.035951×10^{-3}
1	7.50062×10^{-3}	9.86923×10^{-6}
الشغل الطاقة القيمة الحرارية		
جول (J)	كيلو سعر (kcal)	كجم قوة.م (kgf.m)
9.806 65	2.34270×10^{-3}	1
4.18605×10^3	1	4.26858×10^2
1	2.38889×10^{-4}	1.01972×10^{-1}
القدرة		
كيلو واط (KW)	لغرة حصانية (متري) (PS)	كجم قوة.م / ث (kgf.m / s)
9.80665×10^{-3}	1.33333×10^{-2}	1
7.355×10^{-1}	1	7.5×10
1	1.359 62	1.01972×10^2

هوامش

(١) توجد درجة حرارة مترنة للثلج ، والماء ، وبخار الماء في وقت واحد ، وهي أعلى من نقطة التجمد بـ 0.01° م

(٢) تتحدد نسبة كتلة الهواء والوقود عند الإمداد بالوقود والهواء بحيث يتم تركيبهما بدرجة مناسبة نظرياً .

الفصل السابع

التحكم الأتوماتيكي AUTOMATIC CONTROL

٧ - ١ الأتمتة والتحكم الأتوماتيكي

بدأت الجهود لتشغيل الآلات والمعدات بدون أيدي الإنسان ، ثم تقدمت هذه الجهود إلى الأتوماتيكية الكاملة ، باستخدام أجهزة القياس وتقنية التحكم ويمكن أن ينقسم التحكم الأتوماتيكي ، بشكل تقريبي إلى «التحكم المتتابع» (١) ، «التحكم بالتغذية المرتدة» (٢) وعند تصنيف تقنية التحكم على أساس معلومات الدخل / الخرج أو عن طريق أية وسائل أخرى، نجد أن التحكم بالإشارات الرقمية (٣) قد انتشر استخدامه ، وكذلك تم استعمال الحاسبات

٧-١-١ تاريخ الأتمتة History of Automation

منذ حوالي قرن أو قرنين قبل الميلاد ، تمت التوصية باعتبار أبواب الأماكن المقدسة أجهزة يجب أن تتحرك أوتوماتيكياً وقد تم تطوير أجهزة أوتوماتيكية مختلفة أثناء فترة النهضة في القرنين الخامس عشر والسادس عشر ولم تحدث هذه الأجهزة ثورة في طريقة الإنتاج

وقد بدأت الثورة الصناعية - وكانت الثورة الرئيسية لنظام الإنتاج - بصناعة القطن في بريطانيا في منتصف القرن الثامن عشر ، وعجلت بالتطور في الصناعات الثقيلة لإنتاج الآلات عن طريق استخدام الآلات ، وانتشار الآلات البخارية ، ودفعتم عملية التحول إلى الأتوماتيكية في جميع وسائل الإنتاج وفي سنة ١٧٨٤ ، اخترع جيمس وات منظم السرعة

للآلات البخارية وفي سنة ١٧٩٠، تم بناء مشروع أوتوماتيكي يطحن الدقيق باستخدام ناقل ، بالرغم من أنه كان يدار بواسطة ساقية وخلال هذا الوقت تقريباً، تم في فرنسا إنتاج آلة النسيج الجاكار - وكانت الكروت المثقبة تستخدم للتحكم في أنماط النسيج المعقدة

وأصبحت فكرة الكروت المثقبة مصدراً للكروت المثقبة في الجيل الأول للحاسبات الإلكترونية .

وفي القرن التاسع عشر ، تم التوصية باستخدام نظم الإنتاج الكمي لتعويض النقص في الفيين المهرة في تصنيع المدافع في الولايات المتحدة، بسبب تحولهم تصنيع ماكينات الخيطة ، وأدوات الفلاحة والسيارات والمعدات الأخرى

ومن تقنيات الإنتاج الكمي التي أظهرتها الحرب العالمية الثانية، وتقنية الأوتوماتيكية التي تنتجها ، أنتجت مصانع فورد سنة ١٩٤٧ آلة نقل ، فأحدثت تأثيرات كبيرة على لصناعات المختلفة بعد الحرب .

ثم بدأت تسمية أنظمة الإنتاج الأوتوماتيكي المستمر، بواسطة آلات التشغيل التي تربط فيما بينها سيرورقة ، كما في آلة النقل في مصانع فورد ، بالأنظمة الأوتوماتيكية

وفي اليابان ، بدأ تركيب أنظمة إنتاج جديدة، واحداً وراء الآخر، بدءاً من منتصف الخمسينات ولستينات وذلك للإسراع في عملية التحول إلى الأوتوماتيكية واستمرارها

وقد عجل ، حديثاً ، التقدم في المعدات الالكترونية من تطور التحكم العددي لآلات التشغيل (ارجع إلى الجزء ٧- الفصل العاشر)

ويضم معدات النقل الأوتوماتيكي ، وآلات التجميع الأوتوماتيكي ، ومستودعات المصانع التي تدار أوتوماتيكياً معها ، تم بدء مصانع تدار أوتوماتيكياً بالكامل، ويتم التحكم فيها بالحاسب ،(انظر الشكل ٧-٢).



الشكل ٧-١ مثال لآلة نقل



الشكل ٧-٢ مثال لمصنع يدار أوتوماتيكياً بالكامل

٧-١-٢ الأوتوماتيكية (الآتمة)

وتعني التشغيل الأوتوماتيكي ، وتعرف على أنها تجعل العمليات في الإنتاج والمكاتب أوتوماتيكية ومستمرة لتحقيق التزاوج الفعال بين الآلات، والمواد والمعلومات والأفراد للحصول على إنتاجية عالية وفوائد اقتصادية. والهدف الكبير للأوتوماتيكية هو تنظيم وإدارة النظام بالكامل بكفاءة، بما في ذلك تحويل الآلات الفردية والأجهزة في المصانع والمكاتب والمنازل إلى الأوتوماتيكية .

تحويل المصنع إلى الأوتوماتيكية (FA) : هو الإدارة والتحكم بكفاءة في كل أنظمة الإنتاج في المصانع، وذلك بالفهم الدقيق للمعلومات المختلفة عن العمليات المختلفة بدءاً من تخطيط المنتجات التي يوجد عليها طلبات ، إلى تشغيل وتجميع الأجزاء وشحن المنتجات والتحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) يمكن أن ينقسم كما يلي .

(١) التحول الأوتوماتيكي الميكانيكي

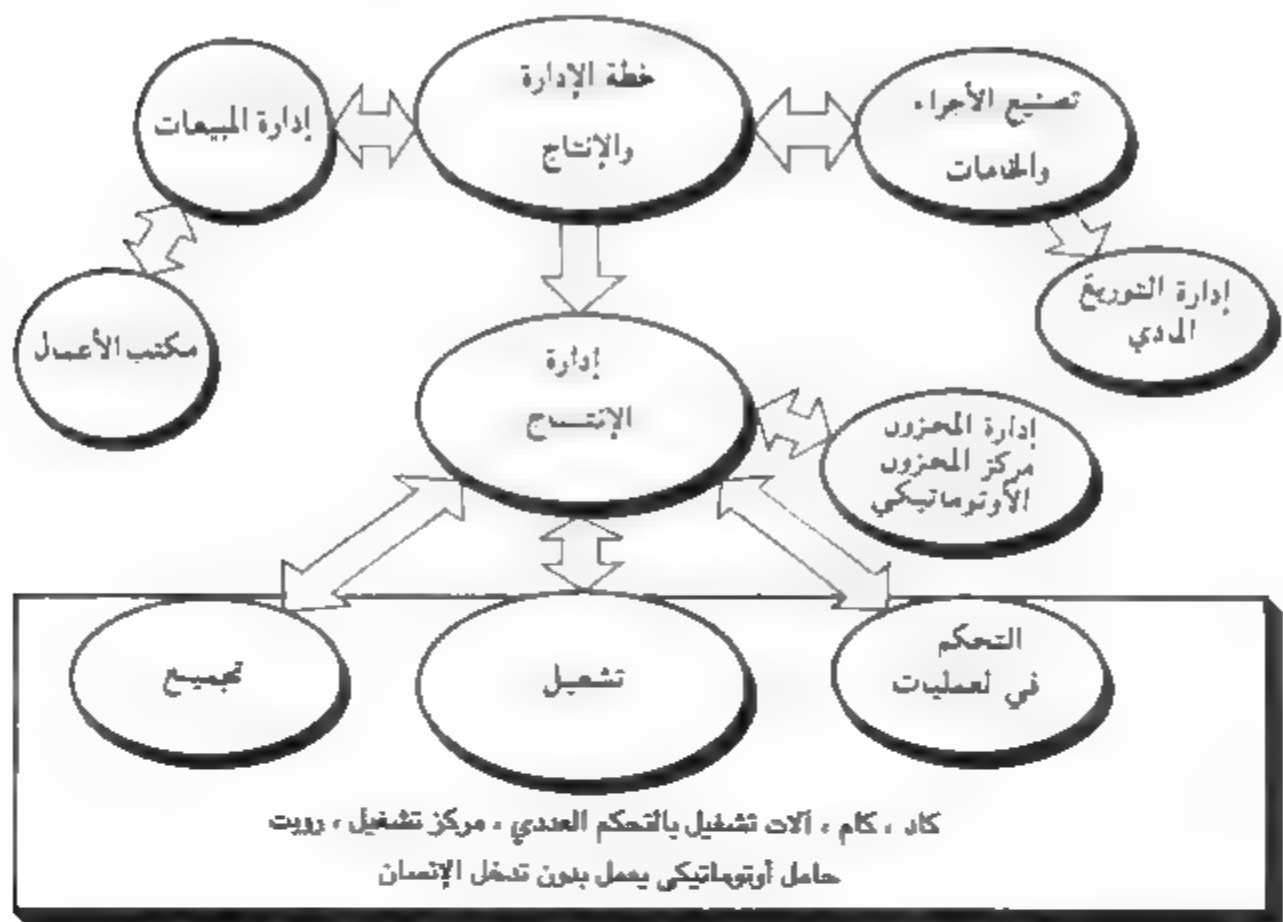
ويكون أساساً في صناعة الآلات مثل مصانع السيارات

(٢) التحول الأوتوماتيكي للعمليات

صناعة المعدات ، مثل مصانع الصلب ، والكيمياويات وتكرير البترول

ويبين الشكل ٧-٢، مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) . ولقد أسهمت الحاسبات كثيراً في تشغيل الآلات الفردية والمعدات وأنظمة الإنتاج.

والتحول الأوتوماتيكي في المكاتب (OA) : يعنى نظم المعلومات لتبادل المعلومات المختلفة بسهولة مثل الأصوات ، والبيانات والوثائق ، والرسومات والصور وذلك بتوصيل المكاتب الرئيسية والأفرع والأماكن الأخرى بواسطة خطوط اتصالات متقدمة ، وذلك لإدارة الشركات بدقة، ورفع كفاءة المكاتب ، وتوفير العمالة . وهذه الأنظمة تسمى تحول المكاتب إلى الآتمة (OA).



CAD - (كاد) : إختصار للتصميم باستخدام الحاسب
 CAM - (كام) : إختصار للتصنيع باستخدام الحاسب
 مركز تشغيل : إرجع الى ص

الشكل ٧-٢ مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع

والتحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA) عبارة عن أنظمة إدارة المنزل بكفاءة ، وتوفير العمالة ، والمحافظة على بيئة المعيشة ، وتأمين ومنع الحوادث، وتبادل المعلومات مع المناطق الأخرى، وكل هذا يسمى التحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA).

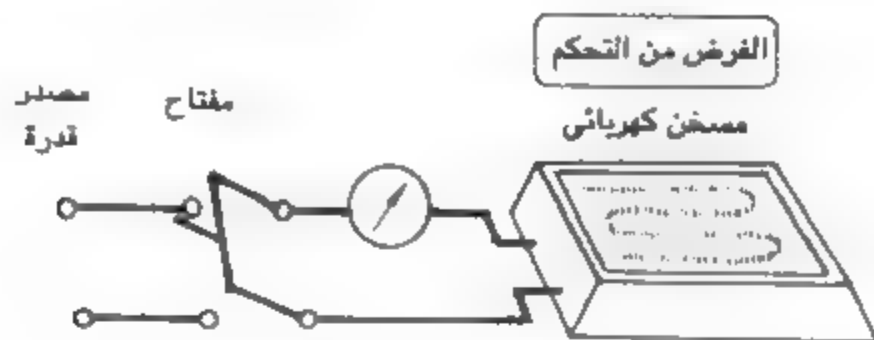
٧ - ٢ التحكم الأتوماتيكي

يعرف التحكم بأنه تطبيق العملية المطلوبة لضبط الجهاز (النظام) على الحالة التي تناسب لهدف المطلوب منه . وكمثال عملية وصل / فصل المسخن الكهربائي بوضع مفتاح التوصيل على وضع وصل/فصل وتحريك جهاز الإنزلاق للمحول الكهربائي لضبط الجهد على سلك المسخن، وذلك للحصول على درجة حرارة محددة مسبقاً للفرن الكهربائي .

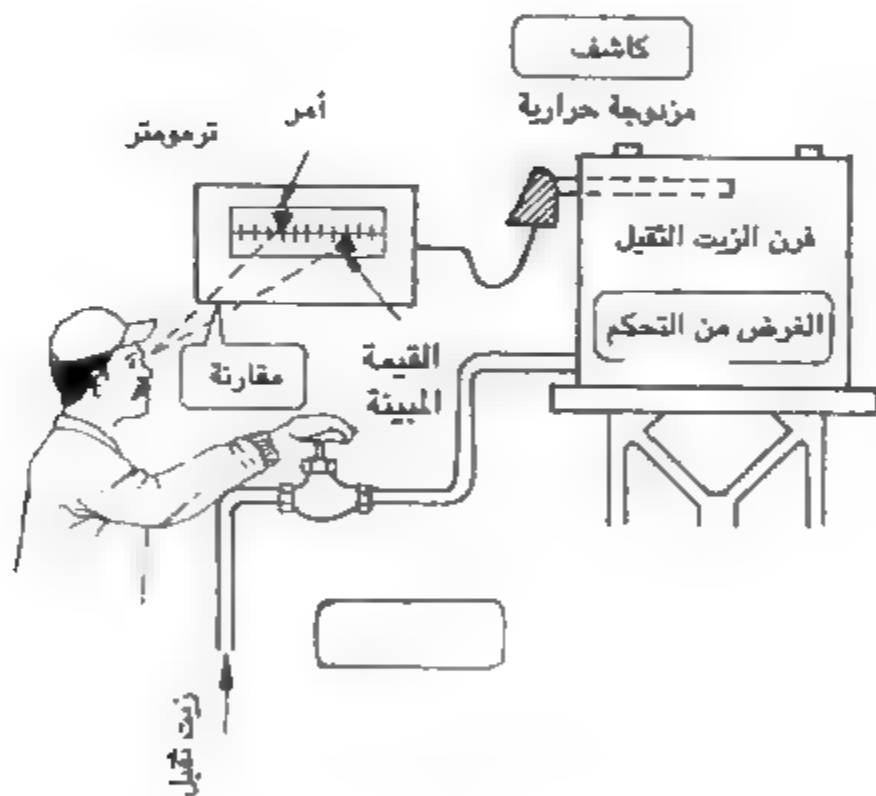
١-٢-٧ التحكم

في الشكل ٧-٤ (أ) ، يجب وضع المفتاح في وضع وصل on وقطع off لتشغيل المسخن الكهربائي . وفي هذه الحالة ، لا يؤخذ في الاعتبار مستوى درجة الحرارة للمسخن الكهربائي أو مستوى القيمة السعريّة وهنا، نقوم عمليتان بالتحكم وهما إمرار أو عدم إمرار تيار إلى المسخن الكهربائي عن طريق المفتاح ويسمى هذا التحكم بالتحكم النوعي وفي الشكل (ب)، يقارن رجل درجة الحرارة التي يقرأها الترمومتر على فرن الزيت الثقيل مع درجة الحرارة المطلوبة والمعروفة مسبقاً ، ويقوم بضبط فتحة الصمام تبعاً للفرق بينهما، وذلك ليزيد أو يقلل من كمية الزيت الثقيل التي تدخل الفرن، حتى يتحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل. يسمى هذا التحكم بالتحكم الكمي

والمعدة (الجهاز) التي يتم التحكم فيها هي الفرن الكهربائي وفرن الزيت الثقيل في الأشكال (أ) ، (ب) ، وتسمى ، بشكل عام، بالأنظمة التي يتم التحكم فيها أو الأنظمة المحكومة وتسمى الكميات المادية للتحكم في الأغراض مثل التيار في المسخن الكهربائي في الشكل (أ) ودرجة حرارة فرن الزيت الثقيل في الشكل (ب)، متغيرات يتم التحكم فيها ، وتسمى الأوامر التي تصدر لضبط المتغيرات التي يتم التحكم فيها، لتكون مسدوية لحالات المطلوبة ، أوامر التحكم .



(أ) التحكم النوعي



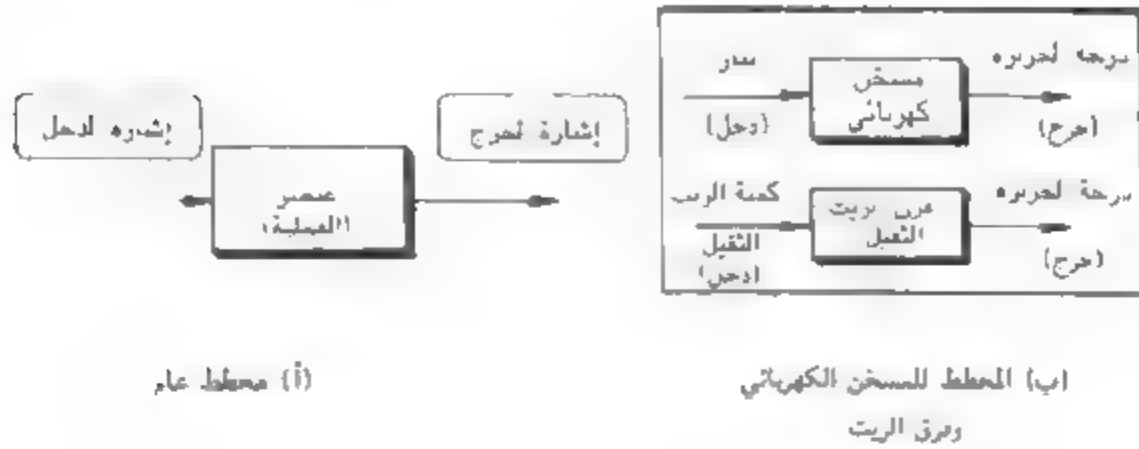
(ب) التحكم الكمي

الشكل ٧-٤ التحكم

والمتغيرات التي يتم التحكم فيها وأوامر التحكم هي كميات حقيقية مثل درجة الحرارة ، والتيار ، والجهد ، والإزاحة ومن وجهة نظر التحكم ، يجب الانتباه إلى حجم الكميات ، وإلى كيفية تعبيرها ، وليس إلى أنواع الكميات. ويسمى الاهتمام بحجم الكمية المادية وكيفية حدوث التغيرات «الإشارة» .

٢-٢-٧ التحكم الأوتوماتيكي

التحكم في توصيل المفتاح ، وفصله للمسحur الكهربائي في الشكل ٧ (أ) ، والتحكم في درجة حرارة قرر الزيت الثقيل في الشكل (ب) ، يربط مباشرة بقرار وتشغيل الإنسان ويسمى هذا بالتحكم اليدوي وبالمقارنة مع هذا ، فإن التحكم الذي يتم أوتوماتيكيا عن طريق أجهزة التحكم دون الاعتماد على القرار والتشغيل بواسطة الإنسان ، يسمى بوجه عدم التحكم الأوتوماتيكي وتسمى الأنظمة التي تشمل المعدات والآلات ، وعناصر أخرى لتقوم بالتحكم الأوتوماتيكي ، أنظمة التحكم الأوتوماتيكي أما أنظمة التحكم الأتوماتيكي الفردية فتتكون من أجهزة قياس مختلفة ومعدات أخرى تنعاً للأنظمة والمتغيرات التي يتم التحكم فيها ، وهذه المعدات تسمى عناصر . وكما في الشكل ٧-٥ ، يقوم كل عنصر باستقبال وإرسال إشارات والإشارات الواردة تسمى إشارات داخلية (Input) ، والإشارات الصادرة تسمى إشارات خارجة (Output)



الشكل ٧-٥ المخطط الصندوقي Block Diagram

وتحاط العناصر الفردية في نظام التحكم الأتوماتيكي بواسطة صناديق (هياكل مربعة)، وتبين الإشارات التي تمر بينها بأسمهم يسمى هذا الرسم التخطيطي بالرسم «المخطط الصندوقي» وتستخدم الرسومات التخطيطية الوظيفية لتبين مكونات أنظمة التحكم الأتوماتيكية

وينقسم التحكم الأتوماتيكي إلى أسلوبين أحدهما هو «التحكم المتتابع»، وهو يقوم بالتحكم تبعاً لمتتابع تم ضبطه مسبقاً مثل التحكم في الغسالات الأتوماتيكية والمصاعد والآخر يسمى «التحكم ذو التغذية المرتدة»، وهو يقوم بالتحكم لتقليل الفرق، وذلك بمقارنة المتغيرات التي يتم التحكم فيها (درجة الحرارة)، نتيجة التشغيل والقيم المطلوبة، كما في حالة التحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل

(١) التحكم المتتابع Sequential Control

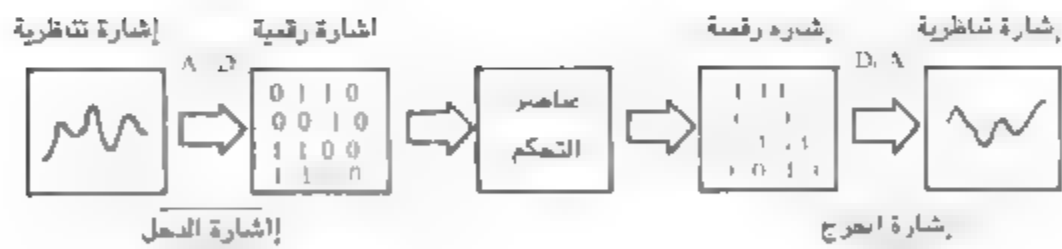
مثل آلات لبيع الأتوماتيكية، والمصاعد الأتوماتيكية والغسالات الأتوماتيكية وآلات النقل، وأنظمة التحكم في إشارات المرور - وغيرها.

(٢) التحكم ذو التغذية المرتدة Feedback Control

مثل التحكم في المظهر الجانبي لآلات التشغيل، والتحكم في درجة الحرارة ، والضغط، والانسحاب، ومستوى السائل ، والبندول الأخرى في الغلايات والأفران الخ

وتسمى أنظمة التحكم التي تتعامل مع متغيرات يتم التحكم فيها وأوامر تحكم بإشارات تناظرية تحكم تناظري وأنظمة التحكم التي تدخل وتُخرج جميع المعلومات في صورة قيم عددية بعد تحويل الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية، تُسمى تحكم رقمي، (انظر الشكل ٦-٧) .

وقد بدأ حديثاً ، استخدام التحكم الرقمي بكثرة في التحكم المتتابع والتحكم ذو التغذية المرتدة أيضاً



الشكل ٦-٧ التحكم الرقمي Digital Control

تمريبات

١- اذكر أمثلة محددة للتحكم الأوتوماتيكي، التي يمكن أن تراها في المدارس والأماكن الأخرى .

٢- اذكر أمثلة للحاسبات المستخدمة في التحكم الأوتوماتيكي

هوامش

(١) ، (٢) ، (٣) ، ارجع إلى الفقرة ٢ الجزء ٢ الفصل السابع

الفصل الثامن

التحكم المتتابع

SEQUENTIAL CONTROL

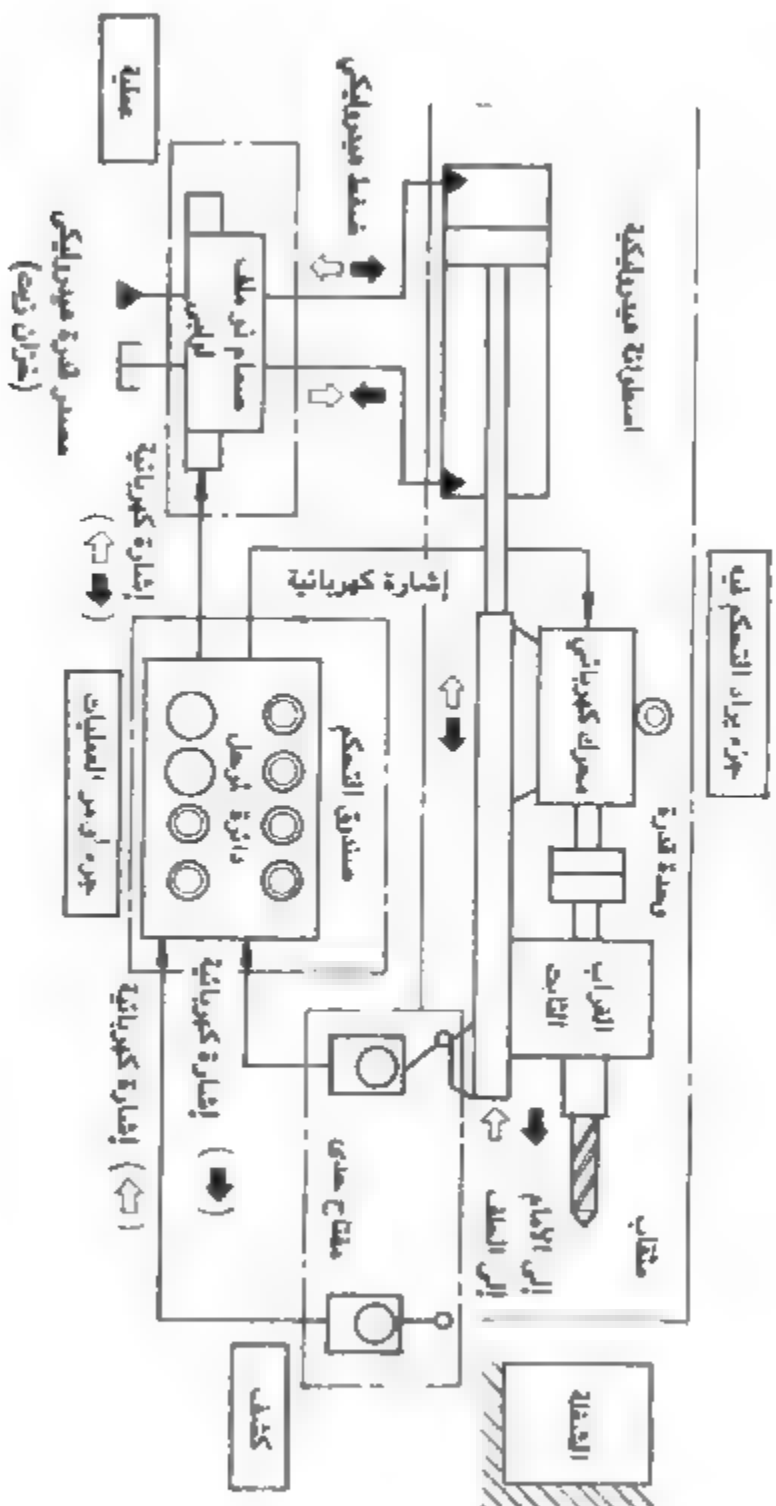
٨-١ نظام التحكم المتتابع ودائرة المرحل (Relay)

التحكم المتتابع هو الطريقة التي تدمج العناصر التي تشمل حالتين بالمتتابع للاستمرار في العمل، مثل وصير / فصل مفتاح تشغيل، وتشغيل / إيقاف ساعة توقيت ويمكن أن تنقسم طرق العمل للانتقال إلى المرحلة التالية من مراحل التشغيل إلى ثلاثة أنواع، كما يلي :

(١) الانتقال إلى العملية التالية بعد مرور زمن معين - كما في الغسالات الأوتوماتيكية ، وإشارات المرور ، إلخ (أنواع بسيطة نسبيًا)

(٢) الانتقال إلى العملية التالية، عندما تحقق العملية السابقة شروط معينة - كما هي آلات النقل ، والتشغيل الأوتوماتيكي لآلات التشغيل الميكانيكية ، إلخ (أنواع عامة) ،

(٣) انتهاء العملية التالية تبعاً لنتائج العملية السابقة - كما في التحكم في صعود المصعد ، إلخ (أنواع مركبة) .



الشكل ٨-١ مثال للتحكم المتتابع (تتبع)

يبين الشكل ٨ - ١ ، مثالا للتحكم المتتابع لإدارة وحدة تثقيب ضخمة عن طريق اسطوانة هيدروليكية والتحرك للأمام والخلف بواسطة إشارات من مفتاحين حديين (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل الثامن) .

٨-١-١ شكل نظام التحكم المتتابع

يبين الشكل ٨-٢ ، الشكل العام لنظام تحكم متتابع

في التحكم المتتابع ، يتم استقبال إشارات الكشف ، كشرط للانتقال من العملية السابقة إلى التالية ، من النظام الذي يتم التحكم فيه وتعاد مرة أخرى إلى المرسل للتحكم . بينما في التحكم بالتغذية المرتدة ، يتم انتقال الإشارات ، بشكل عام ، في دوائر معلقة ولا تكون محتويات إشارة الكشف مستمرة كما في إشارات التحكم بالتغذية المرتدة وعلى سبيل المثال ، ترسل الإشارات فقط عندما يصل ذراع مكبس الاسطوانة الهيدروليكية إلى وضع سبق تحديده ، أو عندما تصل درجة الحرارة إلى قيمة محددة مسبقا

ولا تكون هناك حاجة إلى إشارات الكشف من النظام الذي يتم التحكم فيه في حالة استخدام ساعة توقيت أو وسيلة أخرى ، كما أن الأنظمة البسيطة ليس بها كاشف

٨-١-٢ دائرة المرحل Relay Circuit

[١] العناصر المختلفة في دائرة التحكم الكهربائية

يسمى التحكم المتتابع أيضا بالتحكم عن طريق مفاتيح وعلى سبيل المثال ، في عديد من الحالات ، تتم المهام الخاصة للتأكد من نهاية إحدى العمليات عند إنتهاؤها ، وبدء العملية التالية عن طريق مفاتيح . وبالإضافة إلى المفاتيح من نوع الأضرار الانضغاطية ، تشمل المفاتيح التي تستخدم لهذه الأغراض ، المفاتيح الحدية والمرحلات . ويقوم التحكم المتتابع بضم هذه العناصر للتعامل مع أوامر التشغيل المركبة .

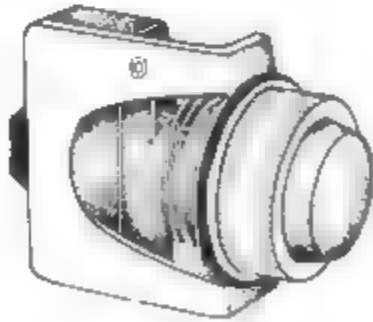
(أ) المفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية

Push Button Switch

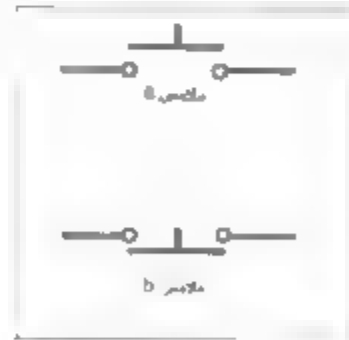
بشكل عام ، تستخدم المفاتيح من نوع الاستعادة الأوتوماتيكية^(١) ، والتي تعود إلى الحالة الأصلية عن طريق ياي ، عندما ترفع اليد عنها ، وهذه العملية تتشابه تماما مع الأزرار الانضغاطية للأحراس الكهربائية في المنزل. ولأغراض التحكم ، تتوفر النهايات الطرفية (COM) "عام" ، (NO) «مفتوح عادة» ، (NC) «مقفول عادة» ويقوم أحد الأزرار الانضغاطية بأداء مهمتين تشغيليتين ، هما ، قفل الدائرة فقط عندما يتم ضغطه أو فتح الدائرة فقط عندما يتم ضغطه وتستخدم الأطراف (COM) ، (NO) عند التغذية بتيار ، بينما تستخدم الأطراف (COM) ، (NC) عند قطع التيار وتسمى الأطراف (NO) ، (NC) الملامسات "a" ، "b" على الترتيب ويبين الشكل ٨-٢ ، المنظر الخارجي لمفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية ورموز الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية.

(ب) مفتاح حديّ (طرفي) Limit Switch

هو مفتاح صغير ، يقوم بالتوصيل والقطع للملامس عن طريق تلامس ميكانيكي. ويبين الشكل ٨-٤ ، المنظر الخارجي للمفتاح الحديّ .



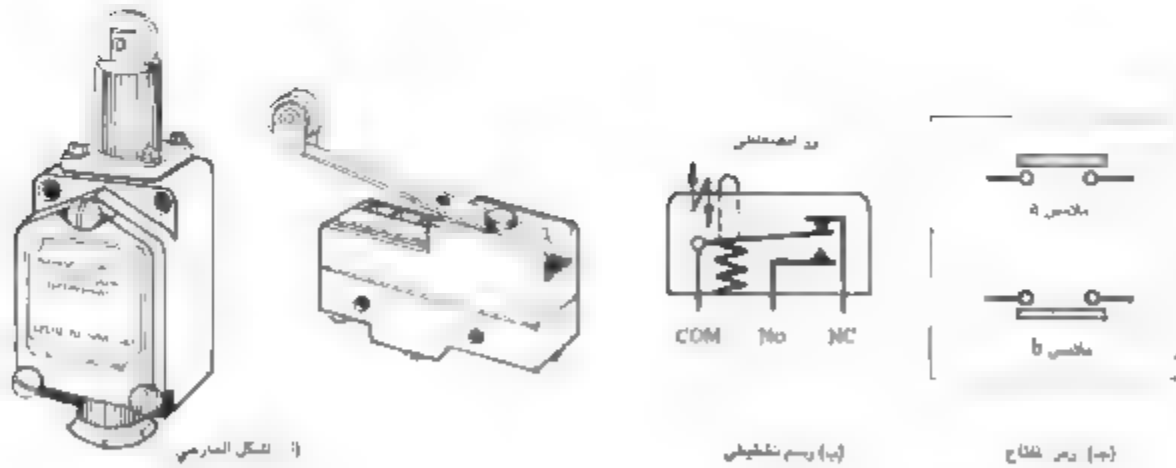
(أ) الشكل الخارجي



(ب) رمز المفتاح

الشكل ٨-٣ مفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية

وكما في المفاتيح من نوع الأزرار الانضغاطية ، فإن للمفتاح الحدي نهايات طرفية (COM),(NO),(NC) كما في الشكل (ب) وتستخدم النهايات الطرفية (NO) (COM) لإدخال تيار وتستخدم النهايات الطرفية (COM),(NC) لقطع التيار وبين الشكل (ج)، رموز الرسم التخطيطي للملامسات "a". "b" ويقوم المفتاح الحدي بالكشف عن إشارات التحكم من النظام الذي يتم التحكم فيه، وينقلها إلى مفتاح التحكم في الدائرة التي تضم مرحل (Relay) كهرومغناطيسي ومركبات أخرى



الشكل ٨-٤ مفاتيح حدية

Electromagnetic Relay (ج) المرحل الكهرومغناطيسي

هو أحد أنواع المرحلات ، ووظيفته هي وصل / قطع التلامس عن طريق قوة كهرومغناطيسية والمرحل الكهرومغناطيسي لا بد وأن يتواجد في التحكم المتتابع ولقد تم استخدام المرحلات الكهرومغناطيسية منذ بداية التحكم المتتابع، وتستخدم بكثرة حالياً أيضاً

ويوضح الشكل ٨-٥، مبدأ عمل المرحل الكهرومغناطيسي الصغير ، فعند مرور تيار إلى الملف ، يجذب القلب القطعة الحديدية المتحركة لتوصيل الملامس "a" ، وقطع الملامس "b" وتبين الأشكال (ب) ، (ج)، عمل ملامسات هذا المرحل وكذا الرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي له والمرحل الكهرومغناطيسي مدمج ، ولكن له عدة ملامسات ، (من 4 إلى 24 تقريباً)

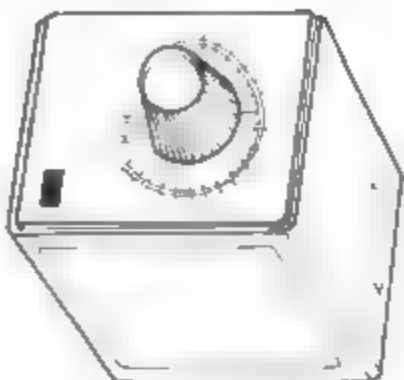
وتسمى الحالة التي يمر فيها تيار إلى المرحل الكهرومغناطيسي أو ملف الصمام اللولبي، بإثارة وتسمى حالة قطع التيار إزالة التماغنط .

(د) مرحل الحد الزمني (النهاية الزمنية)

Time Limit Relay

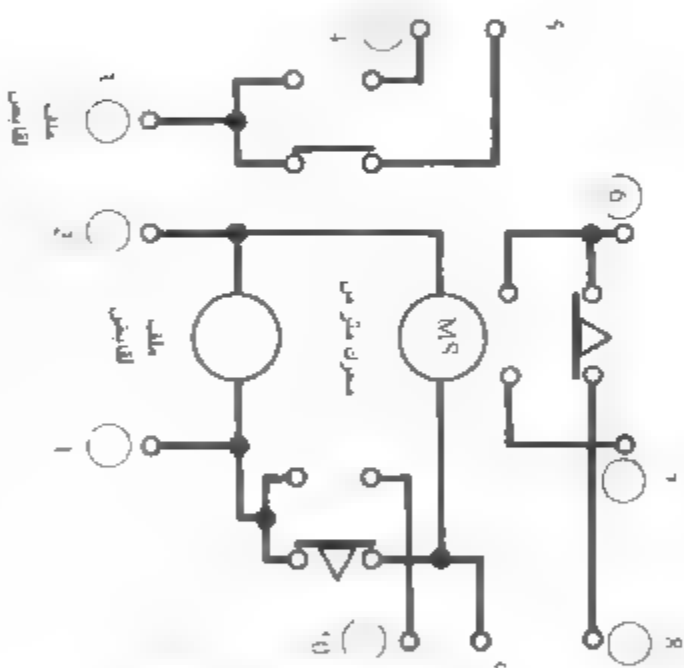
هو أحد أنواع المرحلات، وفيه توصل / تفصل ملامساته بعد زمن معين تم تحديده مسبقاً بعد مرور التيار في الملف، ويسمى ببساطة المؤقت وينقسم إلى النوع الكهربائي ، والالكتروني ، والزنبركي ، وأنواع أخرى .

ويبين الشكل ٨-٦، مؤقت بمحرك ، وهو الأكثر استخداماً ، في العادة ويتكون من محرك متزامن صغير وقايض

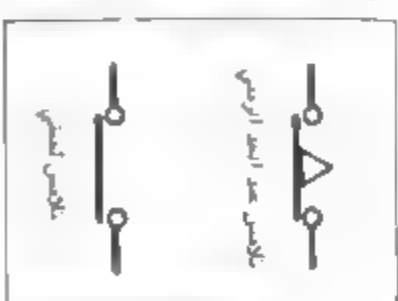


مرحلة بعد 'الرمي'

(1) الشكل الخارجي



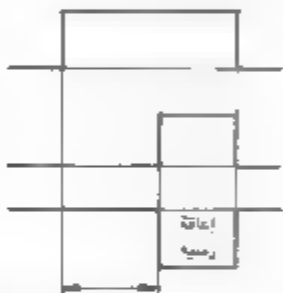
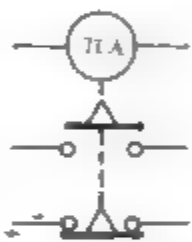
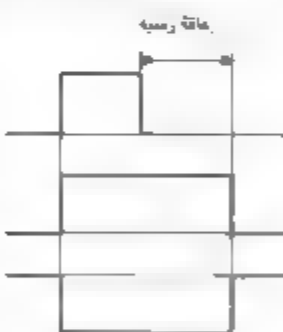
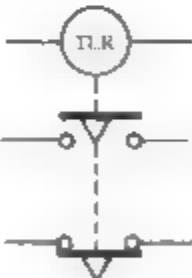
(ب) التوصيل الداخلي



(ج) الرموز المستخدمة

في الشكل (ب) ، يتم التوصيل على طرف 2-1 ثم تقطع الملامسات 3-5 ، ويوجد محرك التوازن (MS) وبعد مرور الزمن الذي تم ضبطه ، تقطع الملامسات النهائية 6-7 ، 1-10 و تقطع الملامسات 8-9 ، 1-9 وعند انقطاع التيار تفرغ جميع الملامسات الى الأرض مع الاصلية

المشكل ٨-٦ مؤقت بمحرك Motor Timer

	شعير	رمز الرسم التخطيطي	
تشكيل الوقت			<p>إشارة الدخل (ملف)</p> <p>ملف A</p> <p>ملف B</p>
عددية، وحدة ونسبة الأرض			<p>إشارة الدخل (ملف)</p> <p>ملف A</p> <p>ملف B</p>

الشكل ٧-٨ عمل الموقت ورموز الرسم التخطيطي

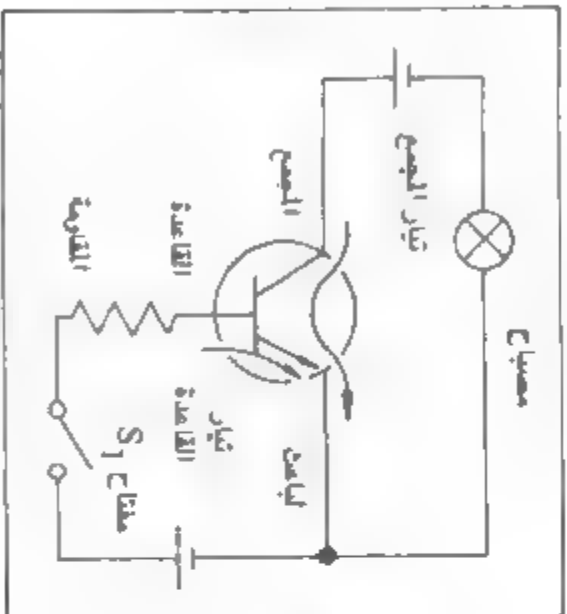
ويبين الشكل ٨ ٧، عمل المؤقت والرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي وينقسم عمل المؤقت إلى عملية تشغيل الزمن، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقه زمنية عن طريق إشارة الدخل ، وعملية إعادة ضبط الزمن ، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقه زمنية بعد قطع إشارة الدخل

أما مرحل المؤقت الإلكتروني فهو يستخدم دائرة إعادة شحن مكثف (C) ومقاومة (R) كدائرة زمنية ، ويسمى أيضا مؤقت CR ولا يوجد فيه ملامسات، ويستخدم بكثرة ، نظراً للوثوق فيه بدرجة كبيرة في العمليات المتكررة

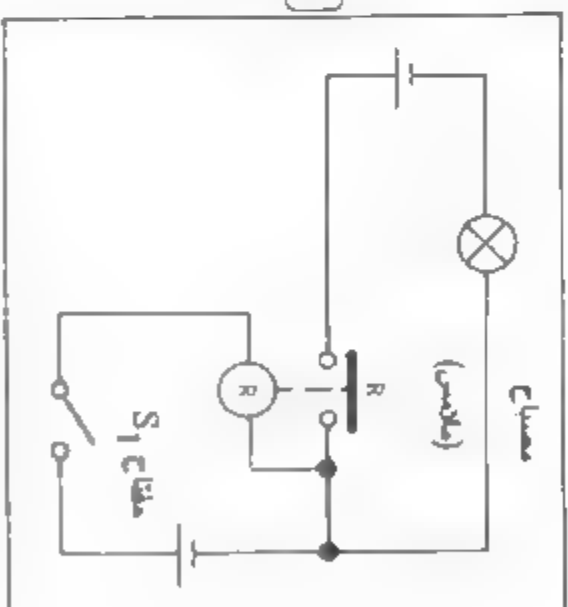
[٢] العناصر المختلفة لدائرة التحكم بدون ملامسات

للمرحل الكهرومغناطيسي ملامسات لتوصيل /قطع التيار، ولذا يسمى مرحل التلامس وبالمقارنة معه، فإن أشباه الموصلات مثل الترانزستورات والثايرستورات (نبيلة ثلاثية من أشباه الموصلات)، انظر الجدول ٨-١، ليس لها ملامسات ، ولكن لها خصائص تسمح بعمليات الوصل والفصل للتيار (الإشارات) كما في المرحلات ولذلك يمكن تكوين بوابر التحكم المتتابع عن طريق استخدام مرحلات بدون ملامسات

وعلى سبيل المثال ، وكما يظهر في الشكل ٨-٨ ، يمكن أن يوصل / يقطع التيار المر بين مجمع وباعث الترانزستور عن طريق تيار القاعدة وتسمى هذه بالخاصية التحويلية



(أ) الدائرة الأساسية للترانسفور



(ب) الدائرة الأساسية لرحل كويوينا طيسى (مرحل بملامسات)

نفس العملية

في الشكل (أ) عند الضغط على مفتاح S_1 يمر تيار القاعدة في الترانزستور ويمر تيار المجمع في نفس الوقت ، وذلك يعني المصباح سيزداد تحريك الأجزاء أو يكون ملامسات في الشكل (ب) ، يعمل الرحل الملامس لتشغيل المفتاح S_1 ، ثم يقل الملامس ويضيء المصباح ، وبالتالي الملامسان متعلقان

الشكل ٨-٨ عمل مرحل بدون تلامس

(أ) عناصر أشباه الموصلات كمرحلات بدون ملامسة

Non- contact Semi-conductor Devices

يبين الجدول ٨-١، قائمة عناصر أشباه الموصلات المختلفة المستخدمة في دوائر التحكم بدون فلامس ، ودمج ترانزستور ، وثاني، وأجهزة ، أخرى يمكن استخدام دائرة لها الخصائص الأساسية المطلوبة للتحكم المتتابع بدون ملامسات وتوصل أطراف الدخل والخرج لوحدة بالتبادل لتكوين دوائر تتابع اختيارية ، تكون مرحلات عامة بدون ملامسات

(ب) مفتاح التقارب Proximity Switch

تستخدم المفاتيح الدقيقة والحديد ككشافات لعملية التحكم ، وبالإضافة إليهما، تستخدم حاليا كاشفات بدون ملامسات، بكميات كبيرة ،

ومفتاح التقارب عبارة عن كاشف يخرج إشارة خرج عندما يقترب الجسم المعني في حدود مسافة سبق تحديدها من قبل وفي الجدول ٨ ٢ ، يتم تصنيف الكاشفات بناء على 'ساسيات ومبادئ التشغيل ،

ومع المفاتيح الكهروضوئية ، وفوق الصوتية ، التي تعمل باللمس ، والتي سيتم توضيحها أدناه ، فإن مفاتيح التقارب أساسية كعناصر مجسات تحكم (ارجع إلي الفقرة ٤ - الجزء ٦ - الفصل العاشر) في الربط الصناعي ومعدات الأتمتة بالاستفادة من خصائصها المنفردة

الإسم	إسم الرمز في الشكل	الخصائص
ثلاثي أنود		يحكم هذا العنصر التيار بين المجمع والباعث عن طريق تيار القاعدة الذي يمر من القاعدة إلى الباعث
تترازستور ثنائي		يتم التوصيل عن طريق الضوء ويتم التحكم في التيار عن طريق كمية الضوء الخارجي
ثنائي باعث بالضوء	<p>كاثود (مهبط)</p> <p>أنود (مصعد)</p>	يشع ضوءاً عندما يمر تيار من الأنود إلى الكاثود . ويدمج مع الترانزستور الضوئي كإردواج ضوئي
ثنائي	<p>كاثود (مهبط)</p> <p>أنود (مصعد)</p>	مقاومة هذا العنصر هي صفر عندما يمر تيار من الأنود إلى الكاثود ، وبالعكس ، فإنه يكون ما لا نهاية
ثايرستور	<p>كاثود</p> <p>أنود</p> <p>مواجة</p>	وهو عنصر تقويم للتحكم عن طريق السليكون وهو يتحكم في التيار الذي يمر بين الأنود والكاثود عن طريق تيار المواجة وله خصائص مدمجة مثل الترانزستور والثنائي

المجدول ٨-١ عناصر أشباه الموصلات المستخدمة في دوائر التحكم بدون تلامس

نوع السمعة الكوروسنتائية	النوع المبطسي (مفتاح)	قسطره حثية (محول لولقي)	زبديات تزداد عالي	النوع
جميع المواد	مادة مبطسية	معدن (مادة مبطسية)	معدن	الشفطة التي يراء الكشف عنها
يغير السمعة عن طريق مغازية مادة القطب	يدير ومفتاح بريشة عن طريق قوة سحب مبطيس	يولد جهة خرج عن طريق عدم إتران بانرة القطورة عندما يتغير أحد المعاصر في الكثرة	يقوم بالكشف عن طريق إنهاء حالة التردد العالي كثير تذبذب مقاومة الملف	مصادي التشغيل
١ - مناسب للكشف عن المسموب	١ - يستخدم مصدر قدرة رجيس	١ - إستجابة مع المواد المبطسية فقط	١ - صغير ٢ - إستجابة عالية ٣ - رجيس	الحصائص

١ E/T تساوي نسبة الجهة E الى التيار I بين طرفين ①

الجدول ٨ - ٢ مفااتيح التقارب

(ج) المفتاح الكهروضوئي Photoelectric Switch

يكون الكشف ممكناً في حالة جميع الأغراض مثل المعادن ، والأحسام الصلبة ، والسوائل ، والفازات ، طالما أنهما تحدث تغيرات ضوئية . ويبين الشكل ٨ ٩ أمثلة تطبيقية للمفاتيح الكهروضوئية وتنقسم المفاتيح الكهروضوئية، تبعاً لدمج الضوء المنبعث وأجهزة أشباه الموصلات ، إلى التالي

(١) نوع بالإرسال Transmission Type

توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية منفصلة، وترسل إشارة كشف عند مرور جسم بينها

(٢) نوع بالانعكاس Reflection Type

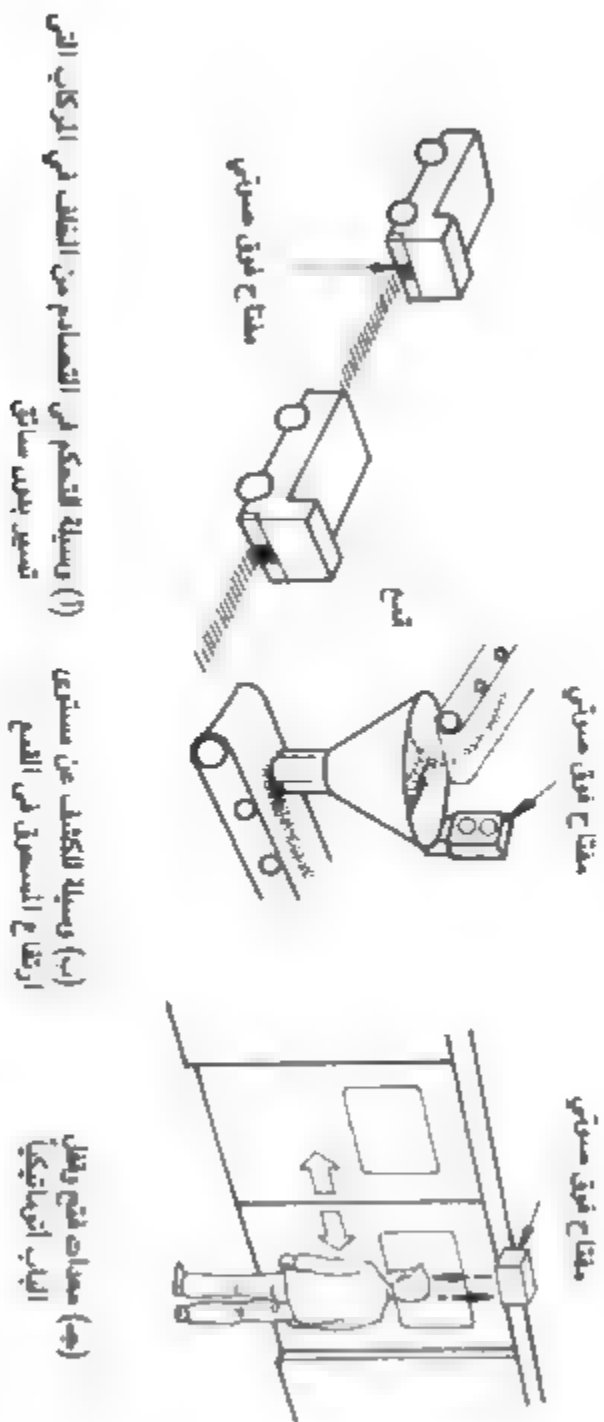
توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية مدمجة ، وترسل إشارة عند الكشف عن ضوء منعكس ينبعث من الجسم المشع

- أجهزة بعث الضوء مثل المصباح المتوهج وشائيات بعث الأشعة تحت الحمراء الخ

- أجهزة الكشف الضوئية مثل خلايا السليكون ، والترانزستورات الضوئية الخ

(د) المفتاح فوق الصوتي Ultrasonic Switch

يتم الكشف عن الأجسام باستخدام الموجات فوق الصوتية، والمفتاح مرسل صدى صوتي (ميكروفون) يعطي ذبذبات بموجات فوق صوتية، ومستقبل صدى صوتي (سماعة) ويبين الشكل ٨ ١٠، أمثلة فعلية لتطبيقات مفتاح الموجات فوق الصوتية

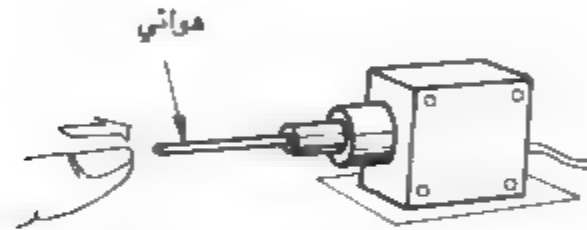


الشكل ٨-١٠ أمثلة فعلية على مفتاح الموجات فوق الصوتية

(هـ) المفتاح الذي يعمل باللمس Touch Switch

وهذا النوع من المفاتيح ، يعمل بمجرد لمسه وشكل دائرة هذا المفتاح تشابه دائرة مفتاح التقارب من نوع الذبذبات عالية التردد وتؤخذ إحدى أطراف دائرة التذبذب عالية التردد كهوائي وعند ملامسة موصل لهذا الهوائي ، تتوقف الذبذبات في الحال وترسل إشارة كشف .

وهو ليس مثل المفاتيح الحديدية العادية ، فلا يتطلب هذا المفتاح قوة لتشغيل أو إزاحة ، ويسمح بالكشف مع دقة عالية ، (أنظر الشكل ٨-١١)

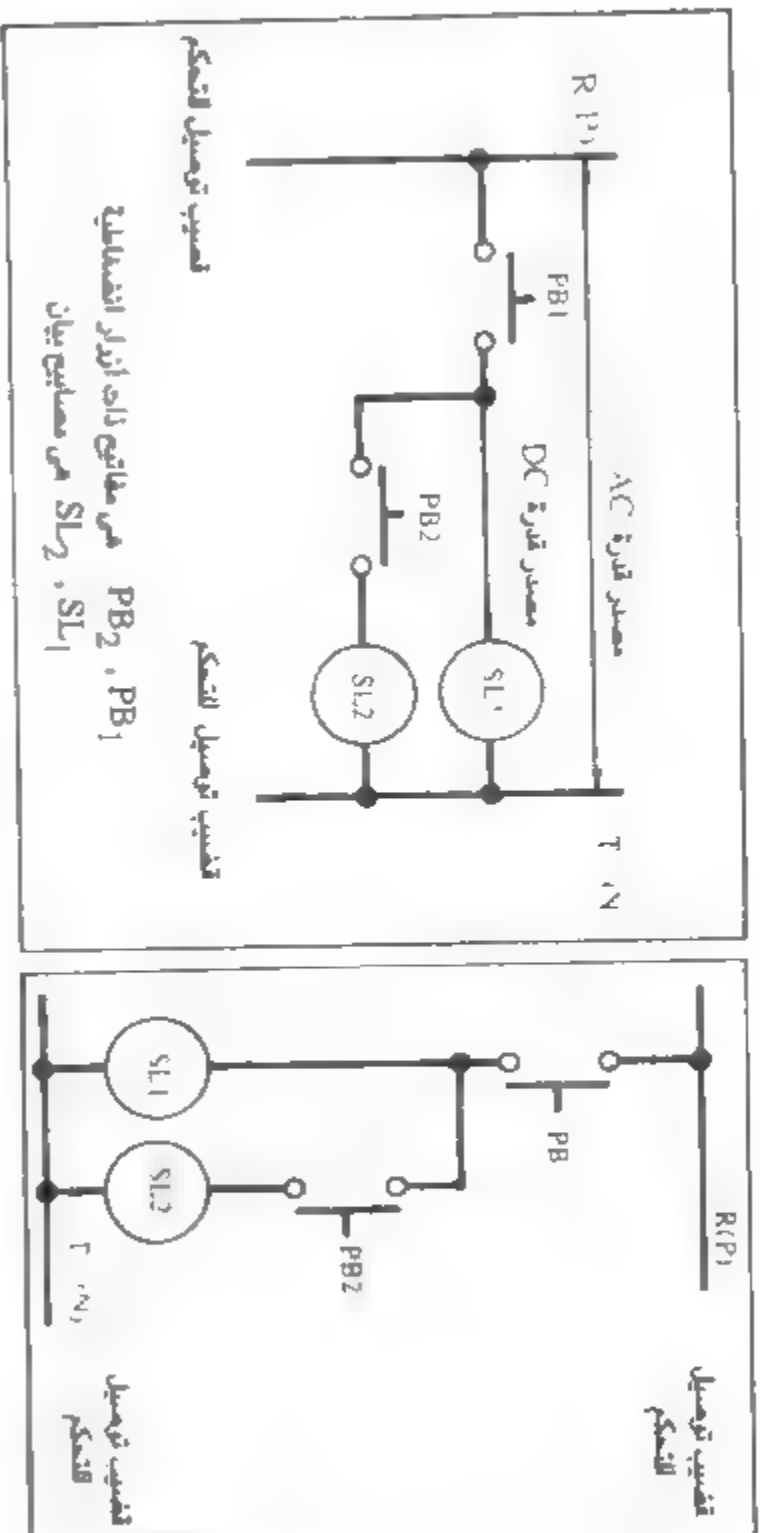


الشكل ٨-١١ مفتاح يعمل باللمس

[٣] الدائرة الأساسية للمرحّل

(١) الرسم التخطيطي للتتابع Sequence Diagram

الرسومات التخطيطية للتتابع (أو مخطط بيان التوصيلات الكهربائية للعناصر) هي الرسومات التخطيطية التي تبين التوصيلات الكهربائية بين العناصر التي يتم التحكم فيها لتوضيح تتابع نظام التحكم كما في الشكل ٨-١٢ .



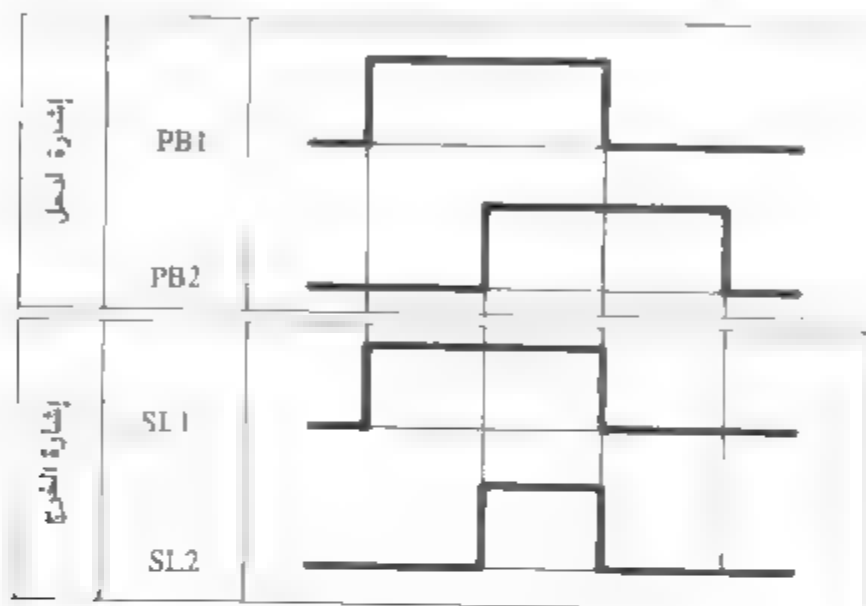
(أ) الوصف الجانبي

(ب) الوصف الرأسي

على الرسم التخطيطي للفتح ، ترسم خطوط الإمداد في اليمين واليسار ، ويسمى الوصف الجانبي ، وترسم أعلى وأسفل ويسمى الوصف الرأسي ، ويسمى خط إمداد القدرة بقصيب التوصيل للتحكم ولاغراض التمييز يستخدم الرمز R, T للتيار المتردد ، والرمز N, P للتيار المستمر

الشكل ٨ - ١٢ الرسم التخطيطي للتابع

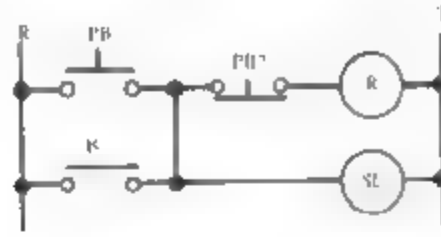
ويبين الشكل ٨-١٢ ، الرسومات البيانية لتتابع العمليات عن طريق إشارات ، للتأكد من قيام المعدات المختلفة بأداء العمليات ، وتسمى مخططات التتابع وتسمى المخططات التي تبين الزمن على المحور الأفقي بالمخططات الزمنية . وتستخدم هذه المخططات في تحليل وتصميم التحكم المتتابع .



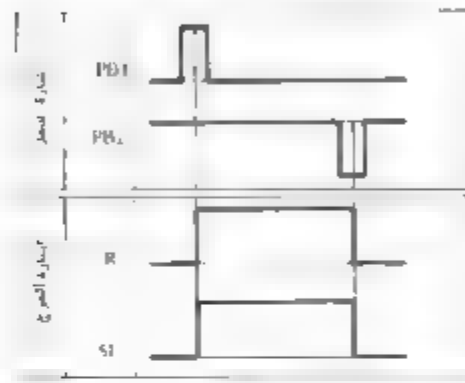
مخطط الإشارة الزمني التتابعي

(ب) دائرة الاحتجاز Holding Circuit

في الشكل ٨-١٤ (أ) ، تحدث إثارة في الملف R للمرحل ، ويقفل الملامس R للمرحل في اللحظة التي يُضغَط فيها المفتاح الانضغاطي PB_1 ، فيمر تيار بواسطة ملامس المرحل R ليستمر في إثارة الملف R ، ويبقى المصباح المبين SL مضيئاً ، حتى بعد رفع الضغط عن المفتاح PB_1 وتسمى هذه الحالة «القيام بالاحتجاز» وتسمى هذه الدائرة دائرة الاحتجاز وبالضغط على المفتاح PB_2 ، ترال مغنطيسية الملف R للمرحل وينطفئ مصباح المبين وتسمى هذه الحالة «فك الاحتجاز» .



(أ) الرسم التخطيطي



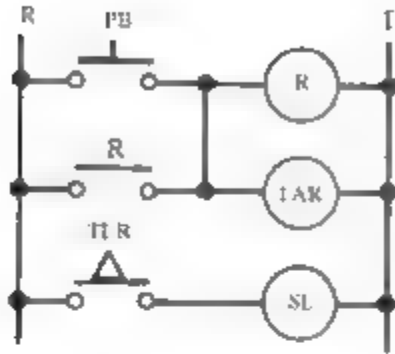
(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٤ دائرة احتجاز

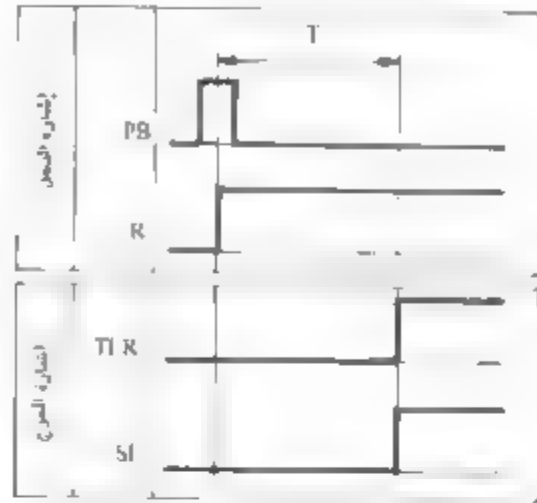
وكما ذكر من قبل ، فلدائرة لاحتجاز وظيفة الذاكرة، وهي من الدوائر الأساسية لتكوين دوائر التحكم المتتابع .

(ج) دائرة تأخير زمني للتشغيل Delay Operation Circuit

باستخدام مرحل حد زمني ، يمكن أن تفتح وتغلق الملامسات عند فروق زمنية ثابتة ، وبهذه تكون عميات الإعاقاة المختلفة سهلة . في الشكل ٨-١٥ ، بالضغط على المفتاح الإضغاطي PB ، يثبت المرحل R ، ويعمل المؤقت TLR ، فتوصل الملامسات بعد زمن (t) تم ضبطه مسبقاً ، ويضئ مصباح المبيان SL . تسمى هذه الدائرة - دائرة تأخير زمني للتشغيل .



(أ) الرسم التخطيطي



(ب) المخطط الزمني

الشكل ٨-١٥ دائرة تأخير زمني للتشغيل

(د) دائرة التشابك Interlock Circuit

في الشكل ٨-١٦ ، بالضغط على المفتاح الانضغاطي PB_1 ، يبقى المرحل R_1 في حالة لقيام بالاحتجاز ويضيء مصباح المبين SL_1 ويكون الملامس b للمرحل R_1 مفتوحاً ، حتى عند ضغط المفتاح PB_2 في هذه الحالة ، ولا يعمل المرحل R_2 ولا يضيء المصباح SL_2 وتسمى هذه الحالة « التشابك » ولإضاءة مصباح المبين SL_2 ، يجب الضغط على المفتاح PB_2 لك احتجاز المرحل R_1 ويجب الضغط على PB_2 بعد ذلك وبالضغط على PB_2 ، يحتجز المرحل R_2 ، ويتشابك المرحل R_2 بحيث لا يعمل المرحل R_1 حتى في حالة الضغط على المفتاح PB_1 ، ولا يضيء المصباح SL_1 . وتسمى الدوائر من هذا النوع - والذي يتوقف عملها على تحقيق شروط معينة - دوائر التشابك البينية وتسمى الملامسات b للمرحلات R_1, R_2 بعلامسات التشابك

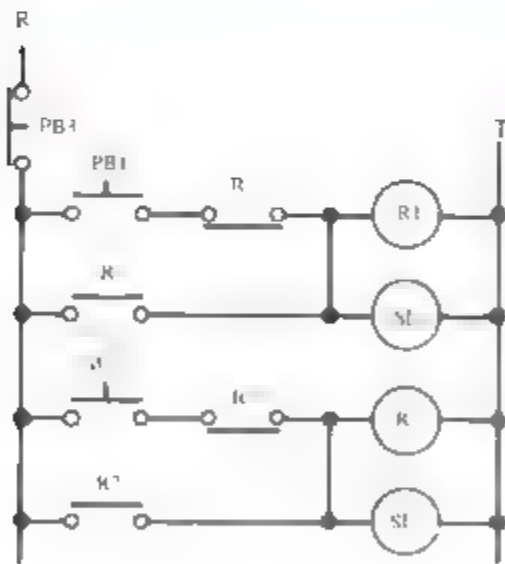
وتستخدم دوائر التشابك البينية عندما تعطي أولوية للتشغيل أو عند القيام باختبار سلامة الآلات والمعدات

تمرين ١

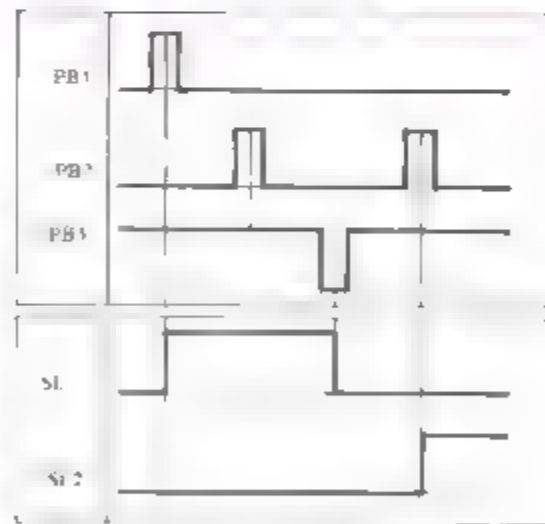
ارسم مخطط الإشارة الزمني لتشغيل مصباح المين في الدائرة المعروضة في الشكل ٨-١٧ .

تمرين ٢

كوّن دائرة مرحل لتشغيل مصباح المين في مخطط التتابع في الشكل ٨-١٨ .

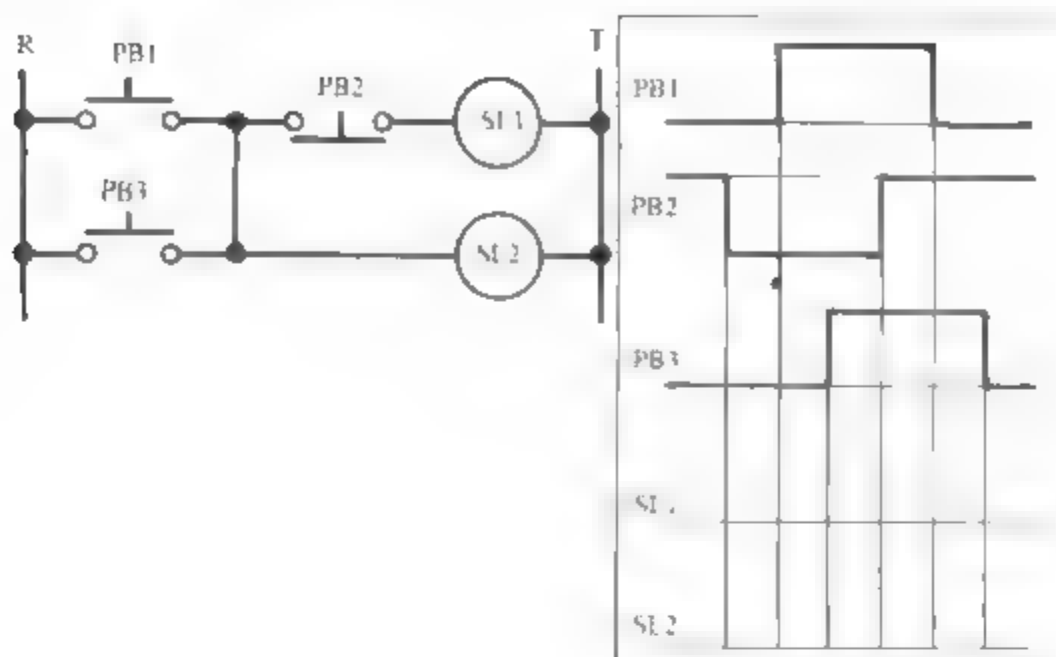


(١) الرسم المنطقي

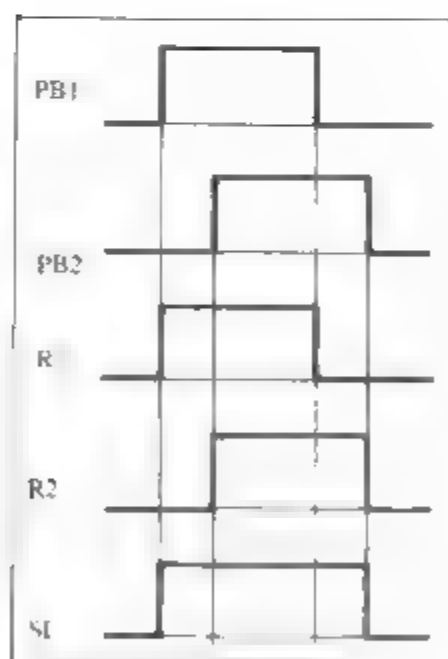


(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٦ دائرة التشابك



الشكل ٨-١٧



الشكل ٨-١٨

٨-٢ دوائر التحكم المتتابع المختلفة

٨-٢-١ التحكم المتتابع الكهربائي

تنقسم دوائر التحكم المتتابع الكهربائي ببساطة إلى دوائر حمل لتشغيل الأنظمة التي يتم التحكم فيها ودوائر تحكم للتحكم في الأحمال


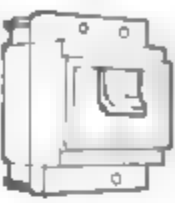
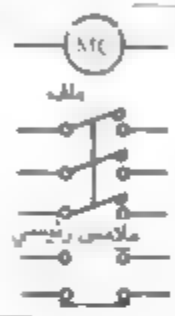



والأحمال عبارة عن المحركات ، والمسخنات الكهربائية ، والصمامات التي تعمل بملف لولبي ، ومعدات أخرى ، وتستخدم دائرة المرحل كدائرة تحكم

١] دائرة بادئ حركة (تشغيل) المحرك Motor Starter Circuit

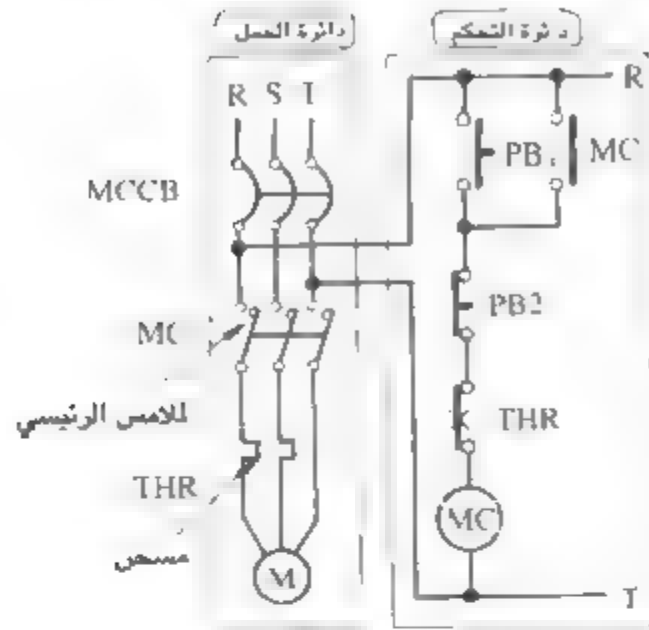
تستخدم قواطع التيار ذات العلبة المصنوبة ومفاتيح كهرومغناطيسية في دوائر التحكم للمحرك، بشكل عام ، ويبين الجدول ٨-٣ هذه المعدات.

ويطبق جهد مقدر مباشرة على محرك حث ثلاثي الأطوار من نوع قفص السنجاب ذي سعة صغيرة نسبياً، كما في الشكل ٨-١٩، لجعله يبدأ في العمل ، حيث أن التأثيرات على سلك التوزيع تكون صغيرة

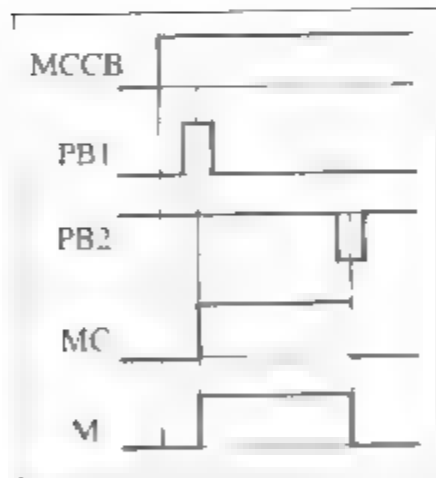
وبوضع قاطع التيار MCCB في وضع وصل ON ، وبالضغط على المفتاح PB_1 ، تتم إثارة الملامس الكهرومغناطيسي MC ويُقفل ملامسه الرئيسي ، ليبدأ المحرك M العمل ويستمر المحرك M في الدوران ذاتياً عن طريق الملامسات المساعدة MC، حتى عند إزالة الضغط عن المفتاح PB_1 وبالضغط على المفتاح PB_2 ، يزال تمغنط MC ويتوقف المحرك M لكن الاحتجاز الذاتي وعند مرور تيار زائد نتيجة فشل أو حادث أثناء التشغيل، يعمل مسخن المرحل الحراري THR بحيث يفتح الثاني المعدني ملامسه، لا يقف المحرك

الاجزاء	الرمز التخطيطي	الشكل المادي	الاجزاء
يقطع التيار عند زيادة التيار فوق عدد حدود قصير في الدائرة			شخص يقطع التيار عند زيادة التيار
أحد المرحلات الكهرومغناطيسية الكبيرة المفتاح الرئيسي والملاصق الإضافي القوي وتقلل تيار الحمل			مفتاح كهربائي مغناطيسي
العناصر تتكون من مسخن - ثنائي معدني تتضمن حراري وملاصق وهو يحمي الاحتراق نتيجة انتشار الرافند			مرحلة حراري

الجدول ٨-٢ قاطع التيار ذو العلية المصبوبة والمفتاح الكهرومغناطيسي



(1) الرسم التخطيطي للتابع



(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨ - ١٩ دائرة البدء (التشغيل) للمحرك

[٢] دائرة مبيّن لمحرك Motor Indication Circuit

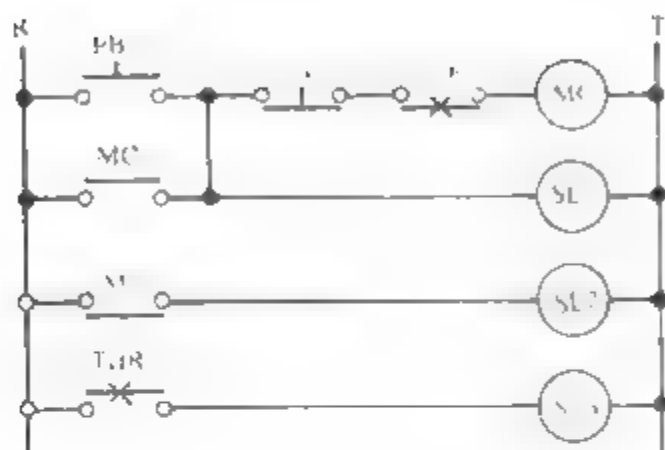
يبين الشكل ٨-٢٠، دائرة بيان لمحرك مع إضافة مصابيح بيان إليها في دائرة التحكم المعروضة في الشكل ٨-١٩ .

بعمل توصيل للقدرة ، يضيئ المصباح المبين SL_1 (للتوقف STOP) وبالضغط على المفتاح PB_1 ، تتم إثارة الـ MC فيبدأ المحرك في الدوران وفي نفس الوقت يضيئ المصباح المبين SL_1 (للبدا START)، وينطفئ المصباح SL_2

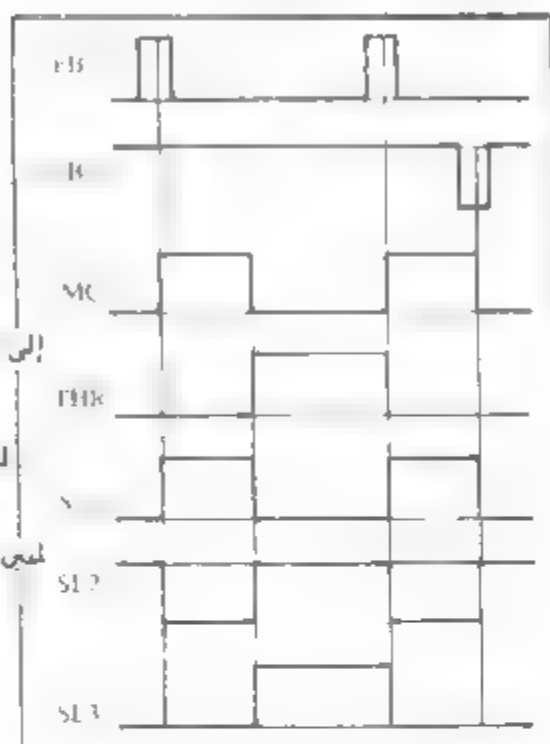
وعند حدوث زيادة في التيار نتيجة بعض الأسباب ، يعمل مسخن المرحل الحراري THR لإيقاف المحرك وفي نفس الوقت، ينطفئ SL_1 ، وتضيئ مصباح الانذار SL_3 ولاستعادة هذه الحالة إلى حالتها الأصلية ، يعاد وضع لـ THR يدوي ، ويعاد الضغط على PB_1 وهذا سيؤدي إلى بدء تشغيل المحرك، وتضيئ المصباح SL_1 وينطفئ SL_3 وبالضغط على PB_2 ، يتوقف المحرك ، وينطفئ SL_1 وتضيئ SL_2

[٣] مفاتيح التشغيل بالتحكم المبرمج Programmable Controller (PC)

تُوصّل، بشكل عام ، دائرة المرحل بمرحلات كهرومغنطيسية وجهزة توقيت ومركبات لارمة أخرى بالأسلاك لتكوين دوائر تحكم تدبعية وهي مفاتيح التحكم المبرمجة يمكن تكوين دوائر تحكم تدبعية بدون ملامسات بسهولة داخل حرة مفتاح التحكم، وذلك بتوصيل لدخل فقط مثل المفاتيح الحديدية والأررار الانضغاطية وأكثر من ذلك، يمكن لهؤلاء الذين ليس لديهم خبرة في برمجة الحاسب أن يراجعوا برامج التحكم بسهولة ولذا فإن مفاتيح التحكم المبرمجة تعتبر معدات مناسبة



(أ) الرسم التخطيطي لتتابع



(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨ - ٢٠ دائرة بيان لمحرك

وكما يظهر في الشكل ٨-٢١، نعتبر مفاتيح التحكم المبرمجة من الأنظمة شبه الحاسوبية وتتكون أساساً من مواعاة بينية للدخل والخرج ، ووحدة معالجة مركزية ، ووحدة تخزين (ذاكرة) ، وأجهزة إدخال وإخراج البرامج ، (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل العاشر)

تتم برمجة تفاصيل التحكم وتخزن في وحدة التخزين ويتم تنفيذ البرامج عند استقبال إشارات الدخل وتخرج إشارات تبعاً لنتائج العمليات الحسابية لتنفيذ التحكم المتتابع ويمكن اعتبار مفاتيح التحكم المبرمجة حاسبات مخصصة للتحكم المتتابع فقط وسبكون لها وظائف أكبر . وستلعب دوراً هاماً في تحويل المصانع إلى الأوتوماتيكية

[٤] خصائص مفاتيح التحكم التتابعية الكهربائية ذات الملامسات وبدونها

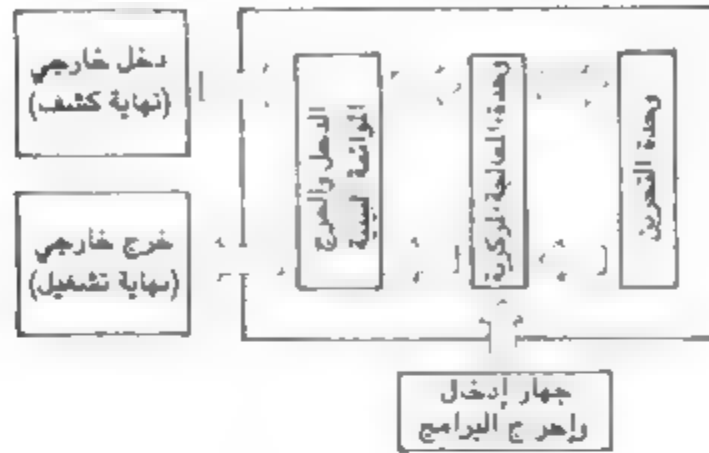
يعطي الجدول ٨-٤، قائمة بخصائص مفاتيح التحكم التتابعية ذات الملامسات وبدونها

٨- ٢- ٢ التحكم المتتابع الهيدروليكي

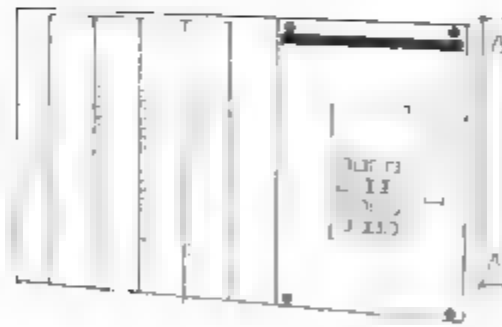
Hydraulic Sequential Control

[١] نظام التحكم الهيدروليكي

في كثير من الحالات ، في التحكم الأوتوماتيكي ، يتم إرسال إشارات وتكبيرها كهربائياً ، لتشغيل آليات ومعدات تستلزم قوة كبيرة . بالرغم من أنها صغيرة نسبياً ، إلا أنها تستخدم معدات هيدروليكية قوية .



(أ) مخطط التركيب



(ب) الشكل الخارجي

الشكل ٨ - ٢١ مفتاح التحكم المبرمج

نوع تلامس	نوع تلامس	نوع / لخصائص
دخول أكبر ويخرج أقل ، وهذا مربع	دخول أقل ويخرج أكبر ، وهذا مربع	نظام تحكم
سريع (أقل من 10^{-3} ث)	بطيء (عادة لا توجد مشاكل)	سرعة إستجابة
أكثر ربحية وأكثر إستخداما مع حياة نصف دائمة	محدود	إستخدام
لا يتأثر بالعبار والتآكل من الغازات يمكن أن يستخدم مع الغازات القابلة للإنفجار حيث توجد شرة	يتطلب التركيب مع حماية (يجمع التلامس الأقل جودة) ، يعطي صوت للمرحل عند التشغيل	تحمير الظروف البيئية
قوى نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة	محدود	تحمير لإهزاز
يحتاج الى حماية من الضوضاء في حالة القرب من الأجهزة الكهربائية القوية	قوى	تحمير بصريضاء
غالي الثمن نسبياً	متوسط	السعر
صغير وحفيف	محدود بأحجام صغيرة	الحجم

المحور ٨ ٤ خصائص معاتبع التحكم التابعة ذات التلامسات وبدونها

وتوفر الأنظمة الهيدروليكية خرجاً كبيراً، بالرغم من أنها ذات حجم صغير نسبياً . ويمكن التحكم في الضغط ، والسرعة والموضع بدقة وبساطة. هذا ، وتستخدم الأنظمة الهيدروليكية بكثرة في آلات التشغيل ، والآلات الصناعية ، والسفن ، والمركبات، والطائرات ، والمعدات الأتوماتيكية في المصانع المختلفة . ويبين الشكل ٨-٢٢، معدة لتحريك اسطوانة إلى اليمين واليسار عن طريق ضغط هيدروليكي، وكذلك الرسم التخطيطي لدائرة الهيدروليكية .

[٢] العناصر المختلفة لنظام التحكم الهيدروليكي

يتكون نظام التحكم الهيدروليكي من مضخة هيدروليكية تنتج ضغطاً هيدروليكياً ، وصمام تحكم ، يتحكم في الضغط والانسياب والاتجاه ، ومُشغل هيدروليكي يحول الضغط الهيدروليكي إلى شغل ، وعناصر أخرى

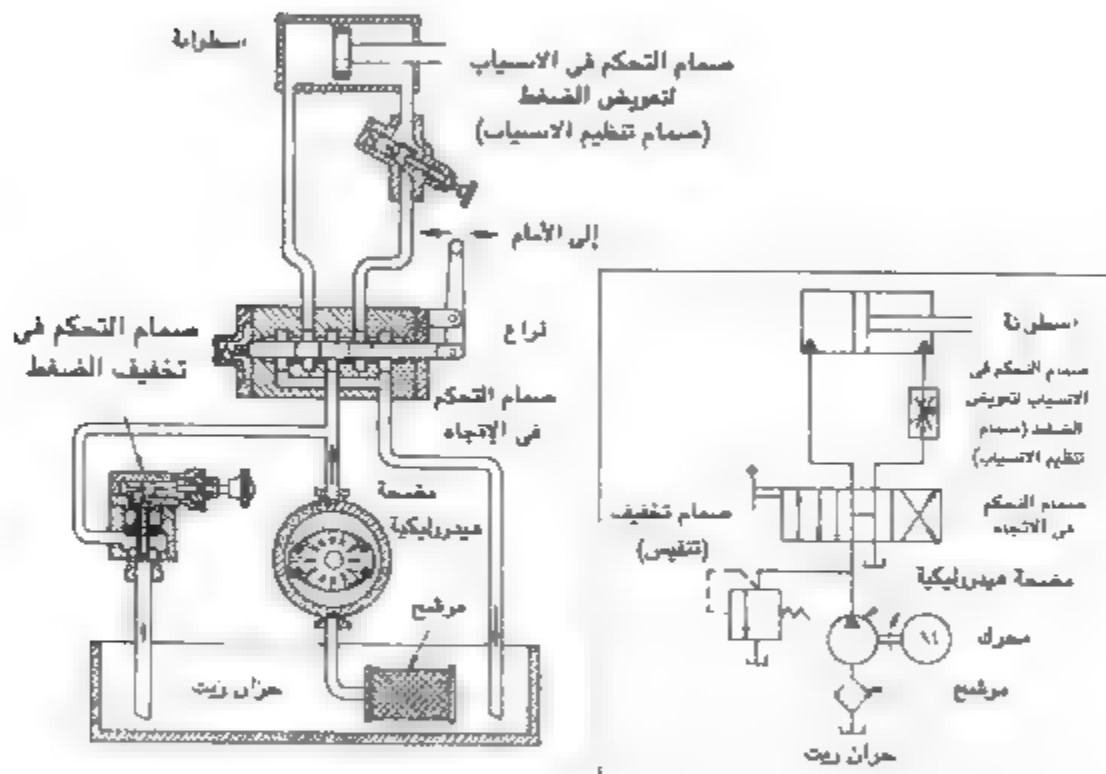
(أ) المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump

تشمل المضخات الهيدروليكية ، مضخة ذات ريش ، وذات تروس وذات كبس وأنواع أخرى . ويبين الشكل ٨-٢٣، تكوين هذه المضخات

(ب) المُشغل الهيدروليكي Hydraulic Actuator

يحول المُشغل الهيدروليكي الطاقة الهيدروليكية التي تعطيها المضخة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية مثل الحركة الخطية والدورانية . وتنقسم المُشغلات الهيدروليكية إلى اسطوانات هيدروليكية تؤدي الحركة الخطية ، والمحركات الهيدروليكية تؤدي لحركة الدورانية وتشمل المحركات الهيدروليكية ، محركات ذات ريش ، وذات تروس ، وذات كباس وأنواع أخرى . ويتشابه تركيبها مع المضخات الهيدروليكية .

تقوم المضخة الهيدروليكية برفع الزيت الهيدروليكي ، ويغير الزيت اتجاه الحركة للأسطوانة الهيدروليكية عن طريق التشغيل اليدوي لصمام التحكم في الاتجاه ، ويقوم صمام تنظيم لاسياب بضبط كمية الزيت في الاسطوانة ويتحكم في سرعة حركة الاسطوانة (بسرعة أو ببطء) ويقوم صمام التحكم في تخفيف الضغط باستعادة الزيت المنقلى إلى خزان الزيت

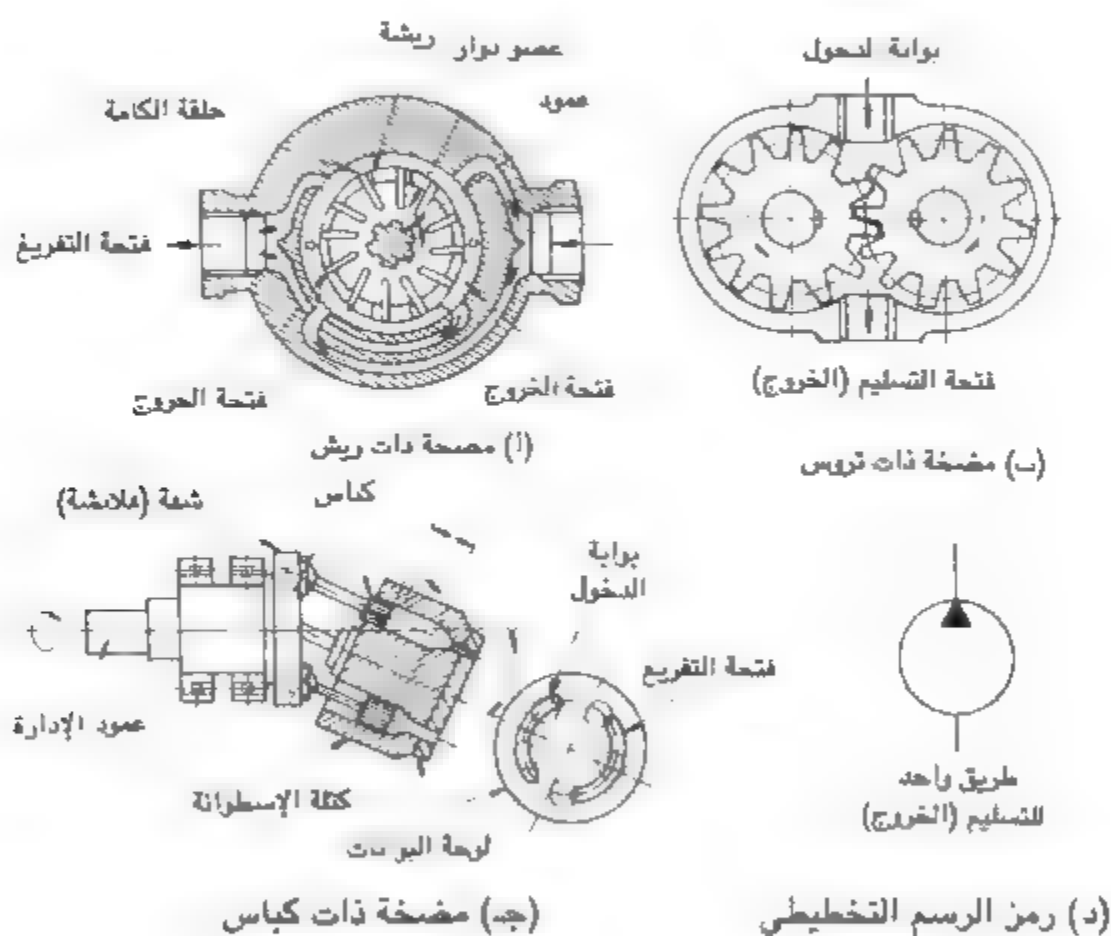


ب- الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية أ- معدات التحكم الهيدروليكي

الشكل ٨ - ٢٢ مفتاح تحكم هيدروليكي والرسم التخطيطي
للدائرة الهيدروليكية

مضخة ذات ريش عذبة تدور لريش (الموصولة في فتحات في العصور الدور) إلى الخارج بقوة لطرد المركبة ويريد صعيد الزيت بعد ذلك في جيب فتحة التفريغ للمضخة، تدور الريش وهي تصعد على حلقة الطاقة ويعمل تغير حجم الفراغ لكل ريشة كمضخة

مضخة ذات كباس توجد بكرة لدخول وفتحة التفريغ على لوحة البوابات وتعمل هذه البوابات بالحركة الترددية للكباس مع دوران عمود الإدارة وفي الشكل (ج) يسهي الكباس من السحب لأن (الناحية العلوية) ، ويبدأ بعد ذلك في دفع الزيت . يبدأ الكباس (الناحية السفلية) في السحب ويوجد خمسة كبسات تعمل على سحب أو دفع لزيت كل نصف دورة . وبهذا يتحقق دوران الزيت بدون حدوث موجات (تذبذب)



الشكل ٨ - ٢٣ المضخة الهيدروليكية

ويبين الشكل ٨-٢٤، اسطوانة هيدروليكية تعمل في اتجاهين، يمكنها أن تحرك المكبس حركة ترددية بتغيير إدخال الضغط الهيدروليكي على جانبي المكبس بالتبادل

(ج) صمام التحكم Control Valve

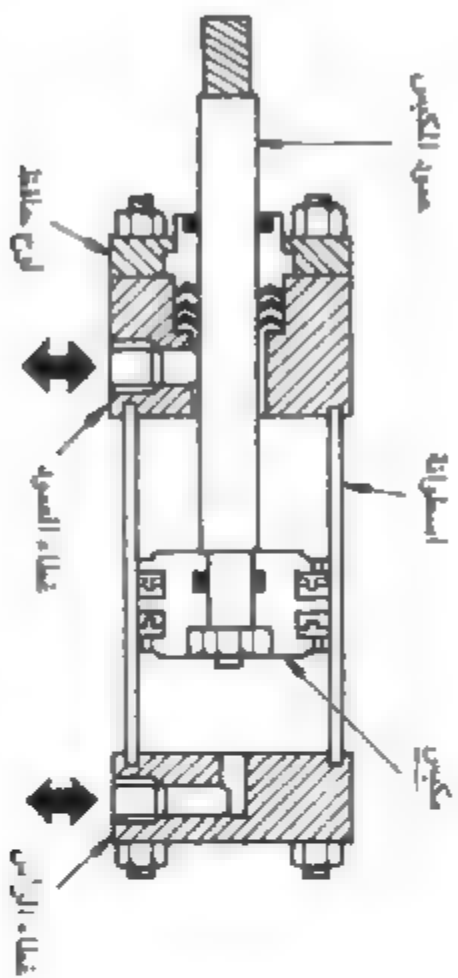
يستخدم الصمام للمحافظة على ضغط ثابت داخل دائرة هيدروليكية للتحكم في الانسياب وتغيير اتجاهه

صمام التحكم في الضغط : والنوع النموذجي له هو صمام تنفيس فيمنع هذا الصمام زيادة الحمل في المعدات الهيدروليكية ، ويعيد جزءاً من الزيت أوتوماتيكياً إلى الخزان للتحكم في ثبات الضغط ، وذلك لمنع الضغط داخل الدائرة من تخطي أقصى ضغط وتبين الأشكال ٨ (أ)، ٨-٢٥ (ب)، صمام تنفيس ذا فعل مباشر وآخر يستخدم مكبس توازن

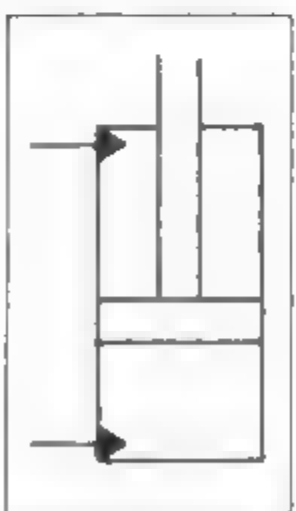
صمام التحكم في الانسياب ويضبط هذا الصمام الانسياب وذلك للتحكم في سرعة الاسطوانة الهيدروليكية أو المحرك الهيدروليكي

ويبين الشكل ٨ (أ)، ٨-٢٦ (ب) صمام خانق ذا تركيب بسيط وصمام تحكم في الانسياب بصمام تعويض للضغط داخل الصمام

صمام التحكم في الاتجاه وهو يتحكم في المشغل الميكانيكي الهيدروليكي من حيث بدء العمل والتوقف وتغيير الاتجاه



(أ) النوع من العمل المزدوج



(ب) رمز الرسم التخطيطي

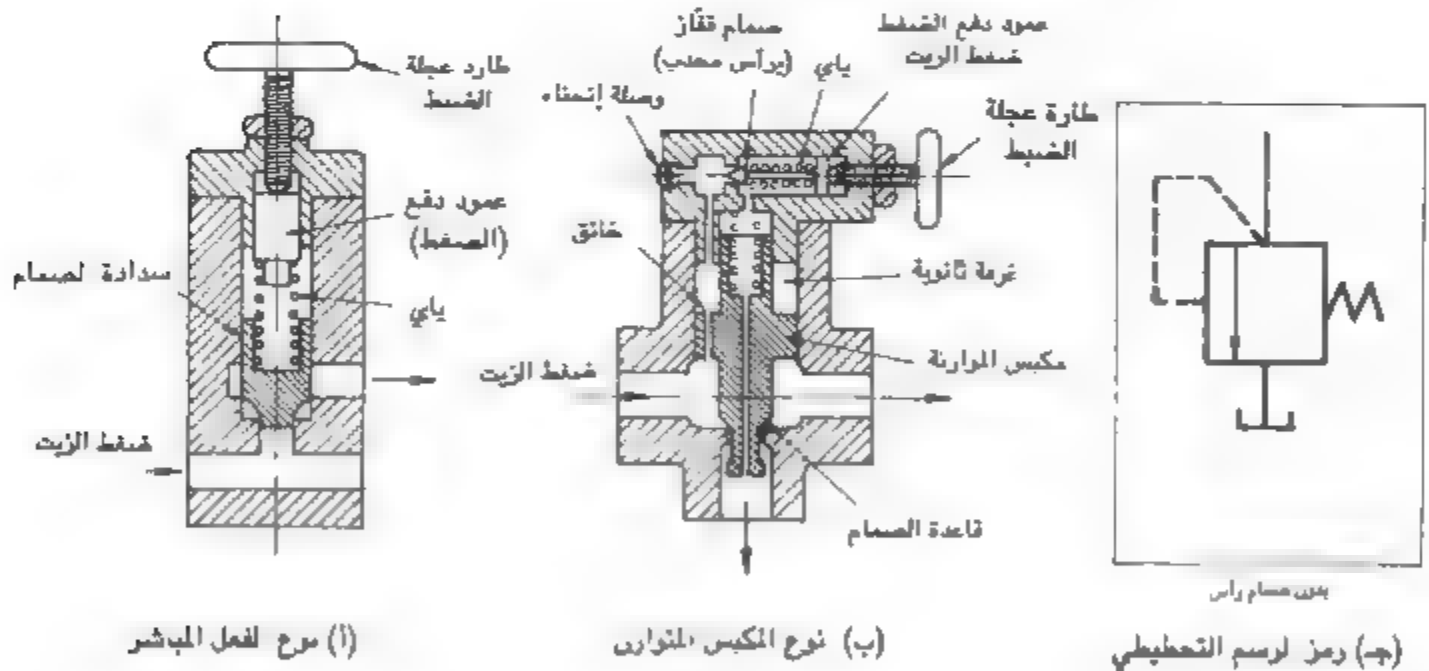
الشكل ٨ - ٢٤ أسطوانة هيدروليكية

في الشكل (أ) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فيتحرك الياي للخلف ، حيث يعمل ضغط الزيت على دفع سداة الصمام لأعلى ، لذلك يستعيد الزيت الفتحة غير المطوية بين الألواح . وينساب بعض الزيت إلى الخزان وهو محمي حتى لا يرتفع ضغط الزيت أعلى من صمام الضغط المضبوط ، ويبقى ثابتاً وهو ذو شكل بسيط وصغير مسبباً بالمقارنة مع سعته ، ولكن هناك تقطياً كبيراً للضغط مما يسهل حدوث ظاهرة الارتجاج كنوع من الفشل

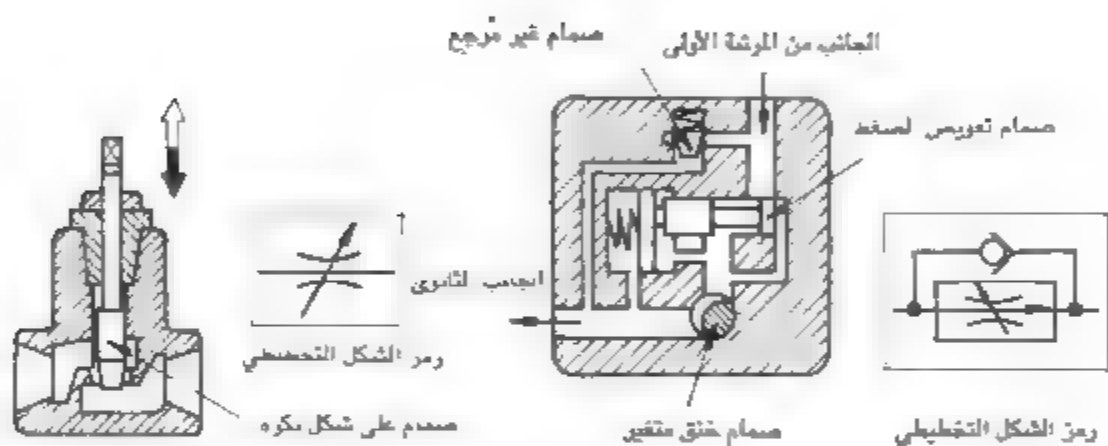
في الشكل (ب) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فينساب الزيت خلال الخائق والغرفة الثانوية ويؤثر على نقطة الرأس للصمام القفاز (يؤثر الياي بضغط على الصمام) ويتحرك الصمام القفاز للخلف ، وينساب الزيت خلال الجره الأوسط لمكبس الموازنة إلى الخزان وفي هذا الوقت يكون هناك ضغط فرقي أمام وحلف الخائق . وبهذا يدفع المكبس إلى أعلى إلى الغرفة الثانوية حيث تصبح ذات ضغط منخفض وتفتح سداة الصمام . ويمر بعض الزيت إلى الخزان ويبقى على الضغط المضبوط ، وهذا النوع أفضل في الأداء من النوع (أ)

• المقصود هنا الفرق بين الضغط المضبوط والضغط (ضغط التكبير) عندما يعمل الصمام ويبدأ بعده ظهور زيت

• ظاهرة الارتجاج نوع من ظاهرة الاهتزاز بالإثارة الذاتية ، عندما يصطدم صمام التخفيف أو غيره بقاعدة الصمام ويصدر صوتاً عالياً نسبياً



الشكل ٨ - ٢٥ صمام تنفيس (تخفيف) Relief Valve



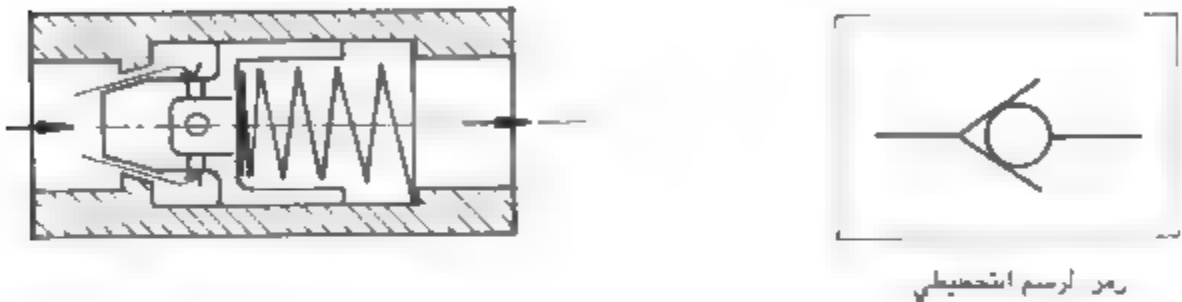
(أ) صمام خنق

(ب) صمام التحكم في الانسياب أو صمام تغويز لاضغط

لصمام الحد في الشكل (أ) سحك في مرور لتفريع عن طريق تغيير مساحة مقطع لحدائق وصمام التحكم في الانسياب في الشكل (ب) ذو صمام تغويز الضغط للمحافظة على مرور ثابت للفرع ، حتى في حالة حدوث تمور (تموج) حول صمام التحكم

الشكل ٨ - ٢٦ صمامات التحكم في الانسياب

ويبين الشكل ٨ - ٢٧، الصمام الذي يسمح بانسياب الزيت في أحد الاتجاهات ومنعه من الانسياب في الاتجاه العكسي .



الشكل ٨ - ٢٧ صمام غير مُرْجِع Check Valve

ويبين الشكل ٨ - ٢٨، صمام تحويل ذا أربع بوابات وثلاثة أوضاع ع، ويسمى صمام ذ بكرة وهذا الصمام له أربع بوابات (فتحات) تصل ما بين الصمام وخط المضخة الرئيسية، وثلاثة أوضاع لآليات صمامات لتغيير اتجاه الانسياب الذي يتم اختياره ويبين الشكل ٨ - ٢٩ التشغيل لاختيار الاتجاه بتحريك البكرة في الاتجاه المحوري

ويبين شكل ٨ - ٣٠ مثالا لصمام اختيار كهرومغناطيسي ذي أربعة بوابات، ويسمى صمام ذا ملف لولبي، ويستخدم بكثرة في المكينات الأتوماتيكية التي تستخدم أنظمة هيدروليكية .

٨-٢-٣ بناء دائرة تتابع هيدروكهربائية

شكل عام ، للجمعية الهيدروكهربائية ، خصائص ممتازة . فتتفوق الكهرباء في معالجة ونقل الإشارة . ويتفوق الضغط الهيدروليكي في دقة الموضع ، وضبط السرعة وقوة تشغيل كبيرة . ولذلك ، فالكهرباء مناسبة في الأجزاء الخاصة بإعطاء الأوامر المناسبة والكشف والتحكم ، بينما يكون الضغط الهيدروليكي مناسباً في جزء التشغيل وتستخدم خصائص هذا الدمج بكثرة في الآلات الصناعية والآلات التشغيل . ويبين الشكل ٨-٣١ ، طريقة بناء دوائر تتابع هيدروكهربائية.

وفيما يلي سندرس إنشاء دوائر وفقاً لأساليب البناء الخاصة بدائرة الاسطوانة الترددية أوتوماتيكياً.

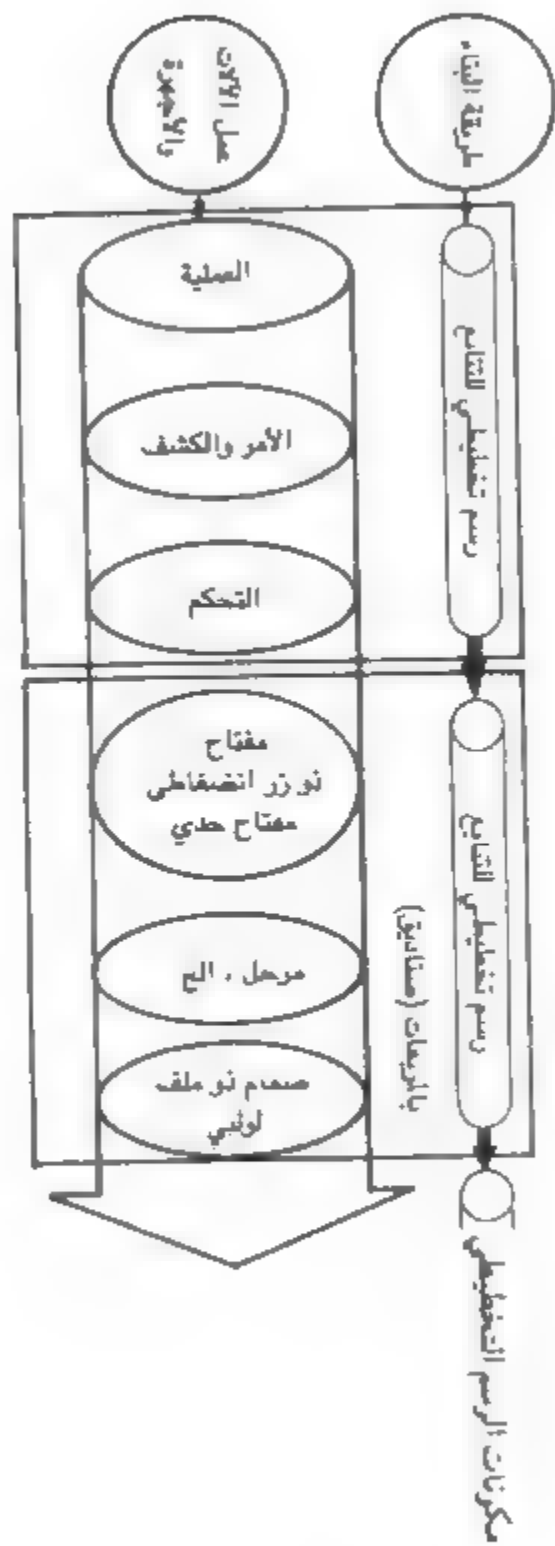
[١] دائرة اسطوانة (مكبس) أوتوماتيكياً

Automatic Cylinder Reciprocal Circuit

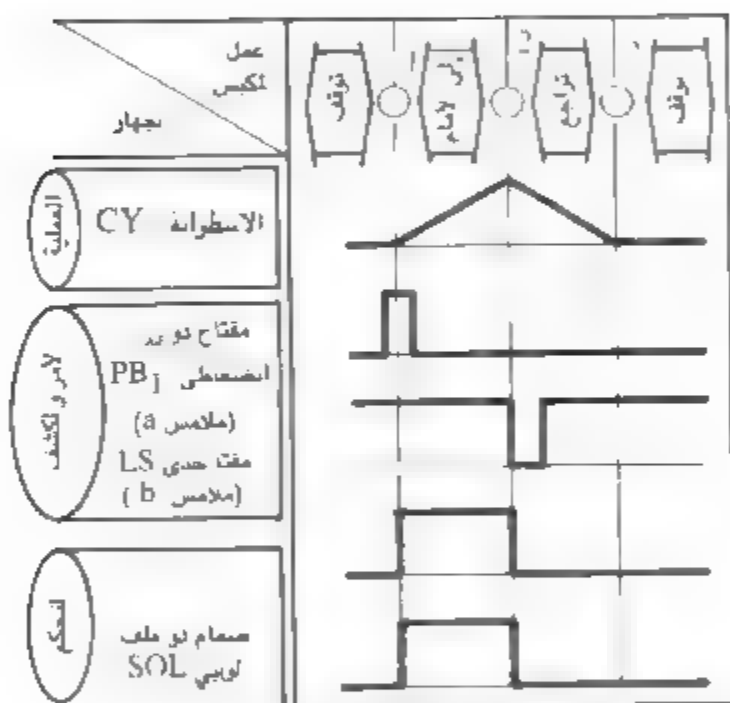
نتم بناء دائرة التتابع لمكبس يتردد أوتوماتيكياً في مشوار بين مفتاح حدي LS ، عند النهاية الأمامية للمكبس والحركة الحلقية لمكبس الدائرة الهيدروليكية، كما هو مبين في الشكل ٨-٣٢، وفقاً للشكل ٨-٣١ .

المرحلة I : إنشاء مخطط التتابع Creating Sequence Chart

يتم إنشاء مخطط التتابع المبين في الشكل ٨-٣٢، باستخدام الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية الموجودة في الشكل ٨-٣٢ .



الشكل ٨ - ٣١ طريقة بناء دوائر هيدروكهربائية



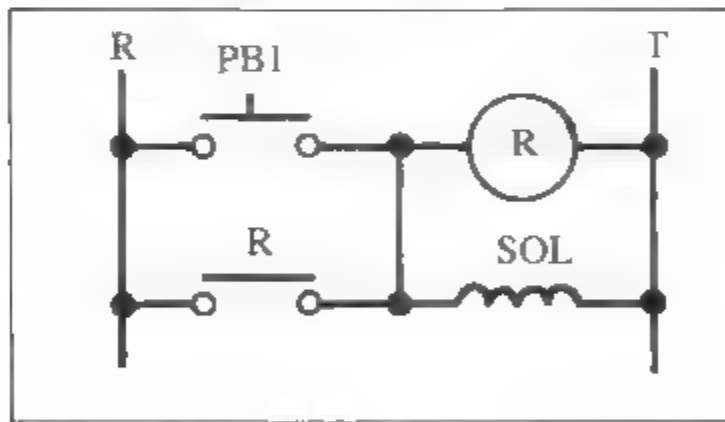
حيث الأجزاء المحددة بالأعمال، وقد تم
رسم خط مفتاح الانضغاطي كما هو
كان، وقف على خط رئيسي ومعد به
رسم خطوط المفاتيح الحديدية كالآتي
جزء البداية كما لو كان على خط
رئيسي، والجزء الأخير كما لو كان
موجهاً لليمين من الخط الرئيسي وقد
تم رسم شرجل و مصفاة دي ملف
لوبي على خط رئيسي

الشكل ٨-٢٢ مخطط التتابع

المرحلة II - إنشاء الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات

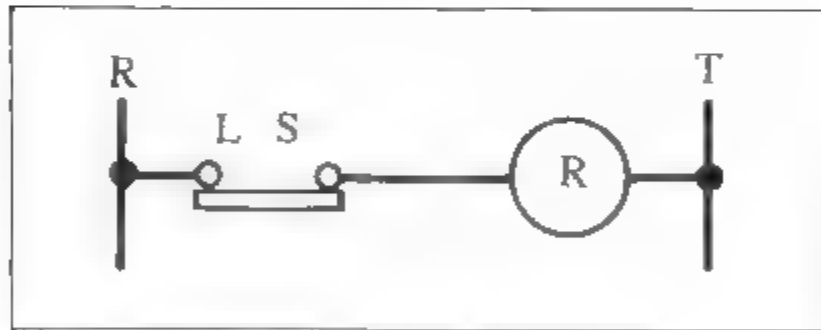
في المربعات (١) - (٢) ، دعنا نفكر فقط في الجزء الذي يرتفع عند الخط الرأسى (١) في مخطط التتابع المبين في الشكل ٢٣-٨

عند الخط الرأسى (١) ، يبين الرسم البياني بدء عملية الضغط على المفتاح الانضغطي PB_1 ، في الجزء «أمر - كشف» وبين جزء التحكم عملية إثارة المرحلة R والصمام ذي الملف اللولبي SOL . وبالضغط على المفتاح PB_1 ، يصبح المرحلة R محتجراً ذاتياً ، ويثار المرحلة SOL ليحرك المكس إلى الأمام والشكل ٢٤-٨ ، هو الرسم التخطيطي للتتابع لهذه السلسلة من العمليات .



الشكل ٢٤-٨ الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات (١) - (٢)

وفي المربعات (٢) - (٣) ، وبالمثل عند على الخط الرأسى (٢) ، في الرسم التخطيطى ، يظهر بدء تشغيل المفتاح الحدى LS الخاص بجرء "أمر - كشف" . كما يبين انتهاء عملية فك الاحتجاز الذاتى للمرحل R وإزالة تمغنط الصمام ذى الملف للولبى SOL وعند فك المرحل R - في جرء التحكم - من الاحتجاز الذاتى عن طريق LS ليعمل على إزالة تمغنط SOL، تتحرك الكرة عن طريق قوة الاستعادة للباى الموجود في الصمام لتغير الاتجاه الهيدرولى، بحيث يتحرك المكبس إلى الخلف أوتوماتيكياً ويفك LS الاحتجاز الذاتى للمرحل R ويعمل على إزالة تمغنط SOL والشكل ٨-٣٥، هو الرسم التخطيطى لتتابع لهذه العمليات



الشكل ٨-٣٥ الرسم التخطيطى للتتابع بالمربعات (٢) - (٣)

المرحلة III إنشاء رسم تخطيطي للتتابع

يمكن الحصول على الرسم التخطيطي المدين في الشكل ٨-٣٦ (i) من تكوين الأشكال ٨ ٣٤ ، ٨-٣٥. والشكل ٨-٣٦ (ب). هو الرسم التخطيطي للتتابع، لفت الاحتجاز لذتي للمرحل R، وإزالة تمغنط SOL وتحريك المكس للخلف، وذلك بالضغط على PB_2 عند حدوث مشكلة أثناء التحرك للأمام.

[٢] دائرة ترددية أوتوماتيكية لعدة إسطوانات

تشأ دائرة لتقوم بالتتابع بتحريك مكس الاسطوانة cyA للأمام (+)، وتحريك مكس الاسطوانة cyB للأمام (+)، وتحريك مكس الاسطوانة cyA للخلف (-). وتحريك مكس لاسطوانة cyB للخلف (-)، وذلك في الدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧.

المرحلة I إنشاء مخطط التتابع

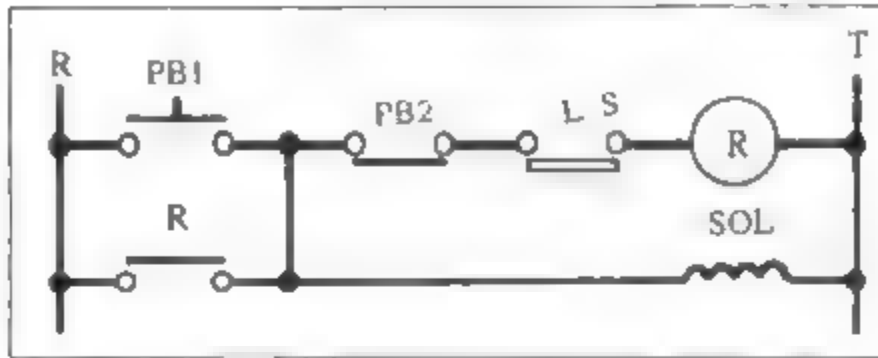
دعنا نسمى مخطط التتابع للمعدة في الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧، (انظر I في الشكل ٨-٣٨).

المرحلة II إنشاء رسم بياني للتتابع بالمربعات

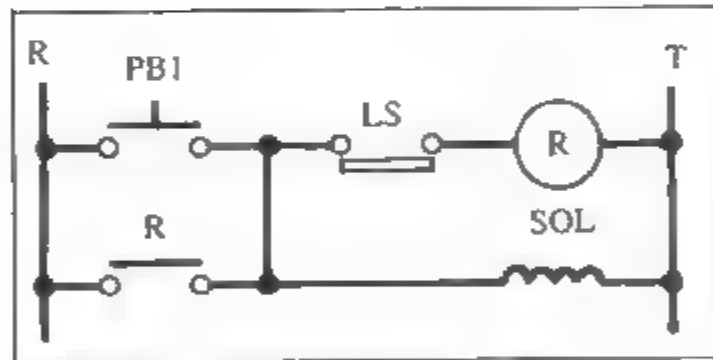
دعنا نسمى مخططات التتابع لجميع المربعات، (نظر II في الشكل ٨-٣٨).

المرحلة III إنشاء مخطط التتابع

كون كل رسم تخطيطي للتتابع بالمربعات، وبالضغط على المفتاح الانضغاضي PB، يصبح المرحل R_1 محتجزاً ذاتياً، ويثار الصمام ذو الملف اللولبي SOL ليحرك مكس الاسطوانة cyA للأمام (المربعات (١)-(٢)).

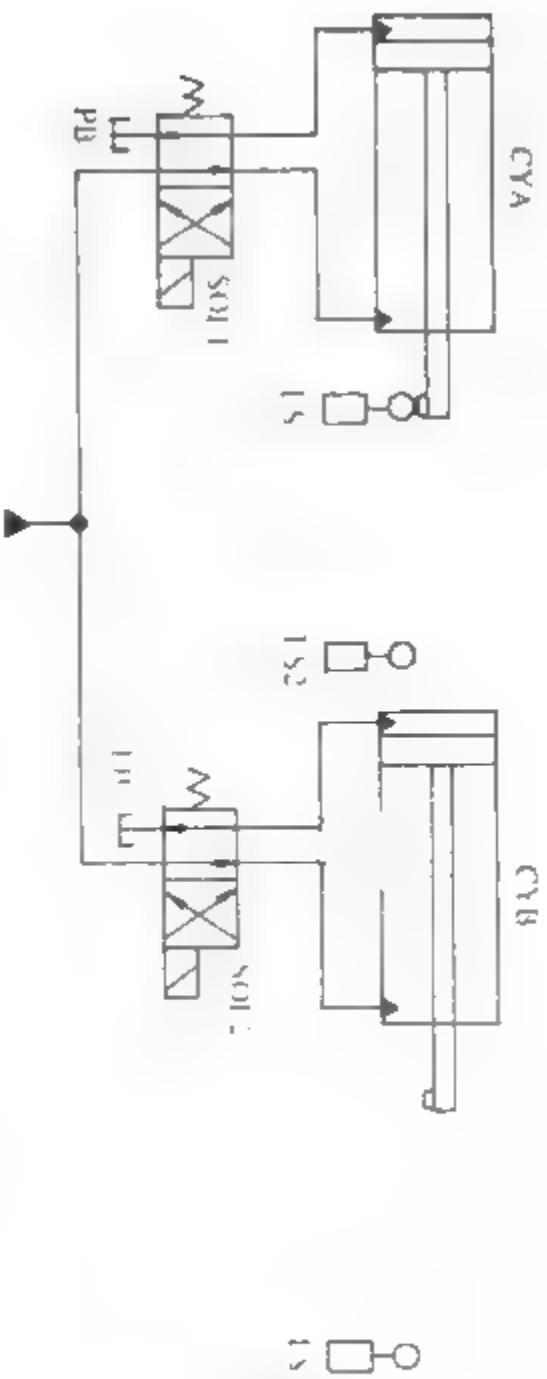


(أ)



(ب)

الشكل ٨-٢٦ الرسم التخطيطي للتابع لاسطوانة ترددية أوتوماتيكيا

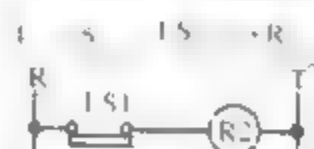
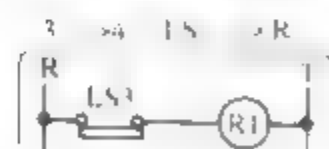
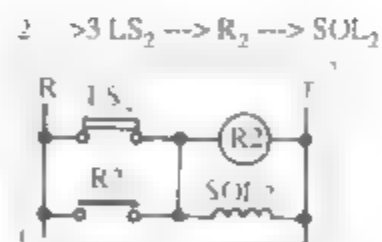
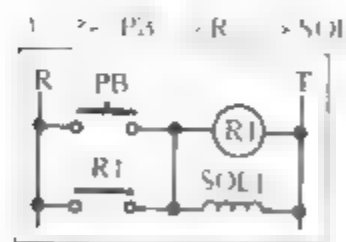
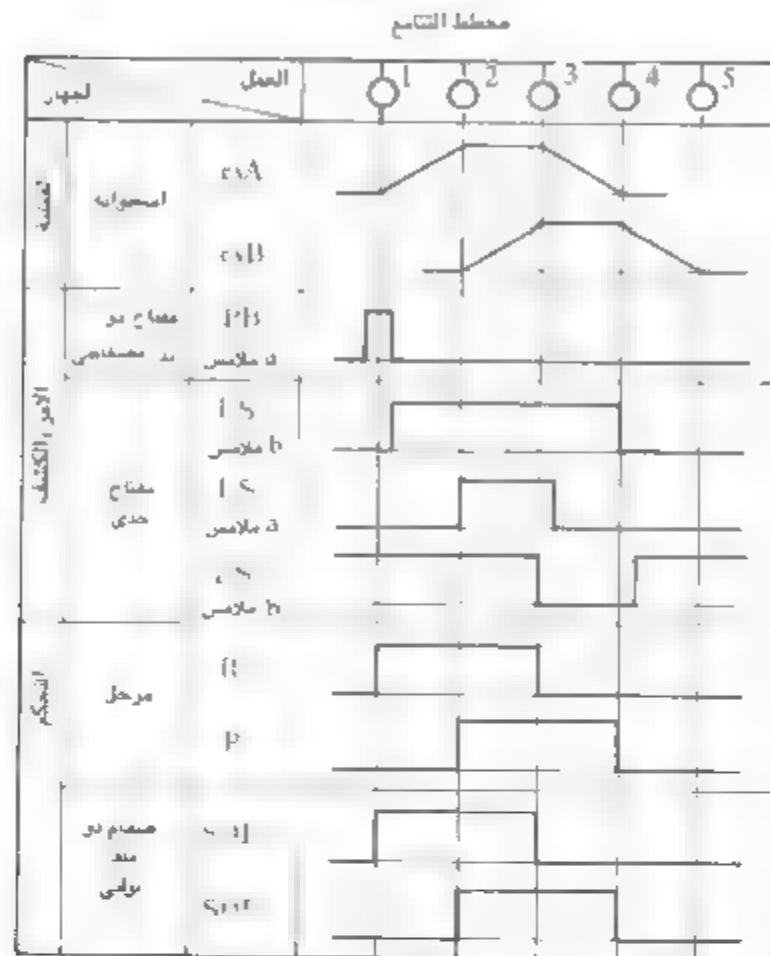


١- الاسطوانة CYA (الجزء العامل) تردد بين S_2 و S_1 . الاسطوانة CYB بين S_3 وانتهاءه الطرفية للمكبس

٢- يغطي 'الفتاح' في الزر 'اتصافا' PB أمراً لتحريك الاسطوانة CYB إلى الامام ، ويكثف S_2 من نهايتها الامامية ، ويوصل S_2 أمراً لتحريك الاسطوانة CYB إلى الامام ، ويكثف S_3 عن نهايتها الامامية ،

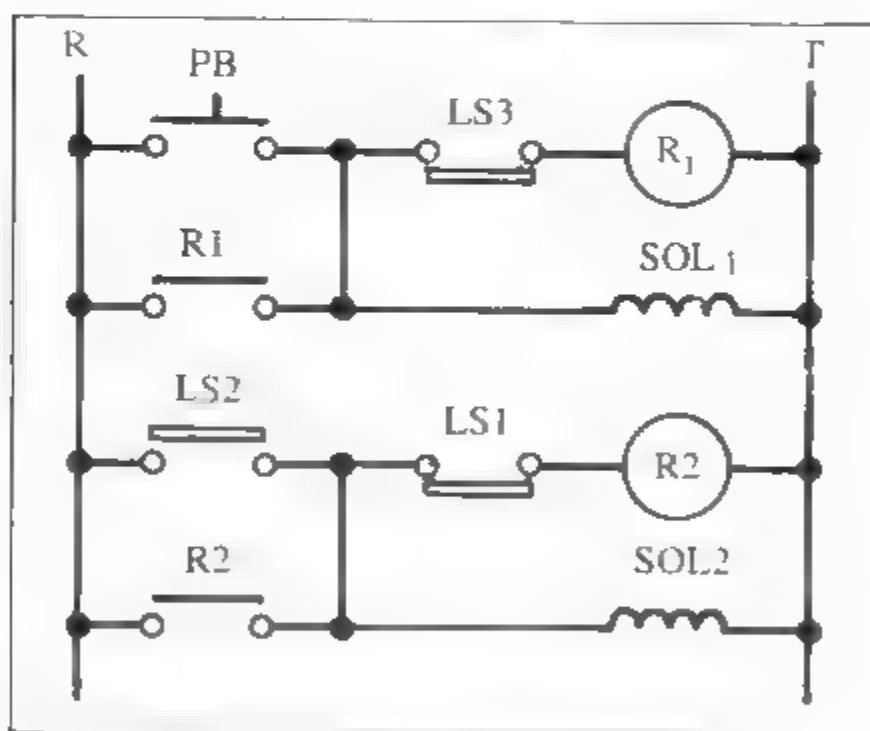
٣- عندما يعمل S_2 تزال مغناطيسية الصمام ذي المكثف SOL1 وتعود الاسطوانة CYB مختلف ، ويوصل S_1 ثم تزال مغناطيسية SOL2 ، فيعود مكبس الاسطوانة CYB للحال

الشكل ٨ - ٣٧ دائرة هيدروليكية ($A+B+A$)



الشكل ٢٨-٨ مخطط التتابع والرسم التخطيطى للتتابع بالمرىعات

ثم يعمل المفتاح الحدى LS_2 ليقوم بالاحتجاز الذاتي للمرحل R_2 ، ليثير الصمام SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة B للامام (المربعات (٢) - (٣)) ثم يفك LS_3 الاحتجاز الذاتي للمرحل R_1 ، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_1 أيضا ويحرك مكبس CyA للخلف (المربعات (٣) - (٤)) وأخيرا يفك LS_1 الاحتجاز الذاتي للمرحل R_2 ، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة B للخلف ليكمل العملية (المربعات (٤) - (٥))
يكتمل الشكل ٨-٣٩ ، عند التعبير عن سلسلة هذه العمليات في رسم تخطيطي للتتابع



الشكل ٨-٣٩ الرسم التخطيطي للتتابع

وتتمثل طريقة إنشاء دوائر التتابع الكهربائية بالهواء المضغوط مع ما سبق من طرق

تمرين ٢

صمم دائرة مستمرة ترددية أوتوماتيكيا مستخدما مفتاح حدي LSO، بحيث يعمل عندما يتحرك المكبس للخلف في الدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨ ٢٢

٨-٢-٤ دائرة تتابع بالنيوماتية الكامله

Full Pneumatic Sequence Circuit

لضبط لهُواء المضغوط الخصائص التالية بالمقارنة مع الضغط الهيدروليكي

(١) ذو سرعة تشغيل عالية بالرغم من أنه أقل في الحرج بؤذو دقة في التحكم في السرعة والموضع

(٢) أفضل في حالة تسرب السوائل إلى الخارج ، وخطر الحريق ، وتلوث البيئة والحدود المسموحة في درجة الحرارة المحيطة .

(٣) الأجهزة والمعدات بسيطة ورخيصة ، والصيانة والإدارة سهلة

(٤) لا توجد حاجة لدوائر الرجوع ويمكن عمل تفريغ في الهواء الجوي في أي مكان

(٥) يستخدم نظام الهواء المضغوط بالكامل ، ويحتاج إلى مصدر طاقة واحد ويتفوق خصوصا في الأمان ضد الانفجار.

وتستخدم دوائر النيوماطيه بالكامل في التطبيقات، عندما لا يلزم تحديد مواضع دقيقة أو استخدام قوة كبيرة، أو في حالة الحاجة إلى سرعة عمل عالية، أو عندما يراد تجنب تسريب زيت، ويمكن إنشاء دوائر تتابع بالهواء المضغوط بالكامل «النيوماتي» بنفس الطرق مثل دوائر التتابع الهيدروكهربائية، المبينة في الشكل ٨-٣١. ويبين الجدول ٨-٥، أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل.

صمام بدء صمام دليلي ، الخ	أمر ، كشف
صمام رئيسي صمام إضافي ، لح	تحكم

الجدول ٨ - ٥ أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل (النيوماتيه)

دائرة ترددية أوتوماتيكية ذات عدة إسطوانات

أشبه دائرة لمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك إلى الأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك للخلف ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للخلف في دائرة التتابع بالهواء المضغوط بالكامل ، والمبينة في الشكل ٨ - ٤٠. ويفرض أن علامة «+» وعلامة «-» هي لمكبس عند تحركه للأمام والخلف ، إذن يمكن التعبير عن حركة الاسطوانة بالعلاقة $A+B+A$ أي عن يمين الوضع الأصلي (+) وعن يساره (-)

وعند توصيل الصمام الأساسي وخط الأنابيب الدليلية ، سنعتبر عن الجانب الأيسر والأيمن بـ «+» و «-»

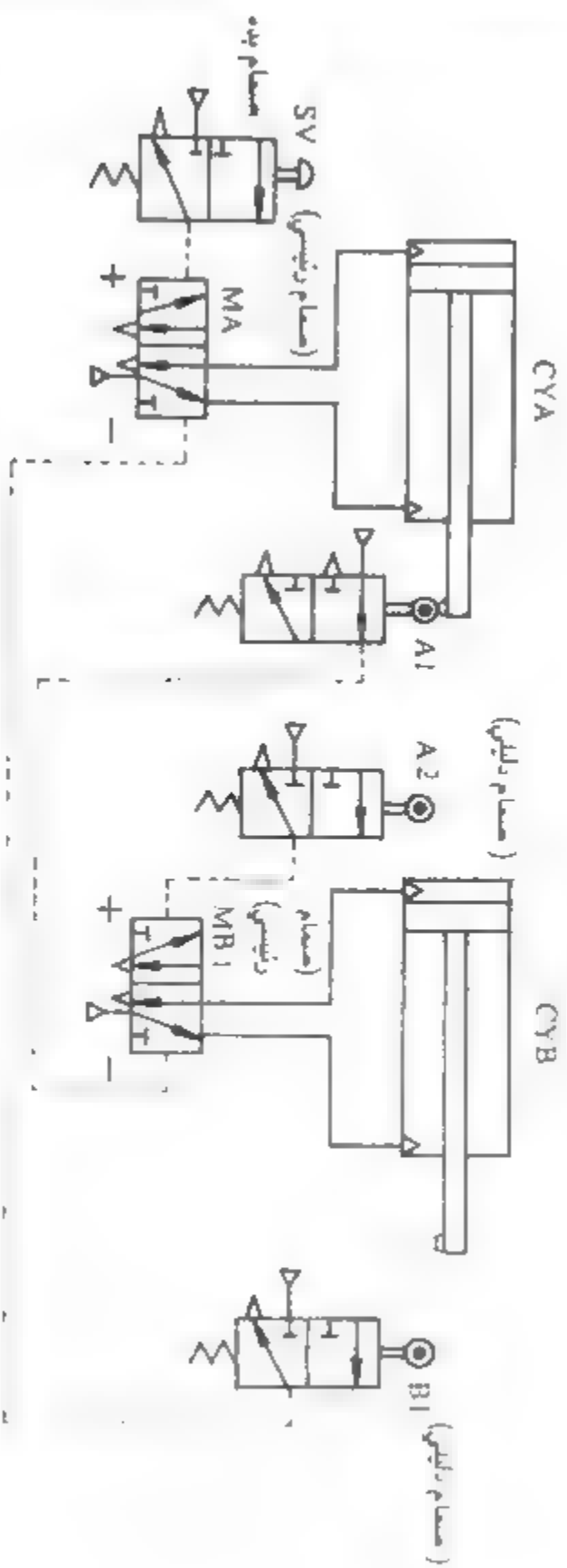
في البداية يتم إنشاء مخطط التتابع . وبعد ذلك، يتم إنشاء رسم تخطيطي للتتابع بالصاديق ، ويتم الحصول على الأنابيب للصمامات الدليلية والرئيسية لاستكمال الدائرة ويكتمل دائرة التتابع الموجودة في الشكل ٨-٤٠ ، بإكمال توصيل الأنابيب من الصناديق (5)، (2)، (4)، (1) وتسمى خطوط الأنابيب التي توصل صمامات البدء والصمامات الدليلية مع لصمام الرئيسي بخطوط الأنابيب الدليلية، ويتم بيانها بخطوط منقطة

تمرين ٤

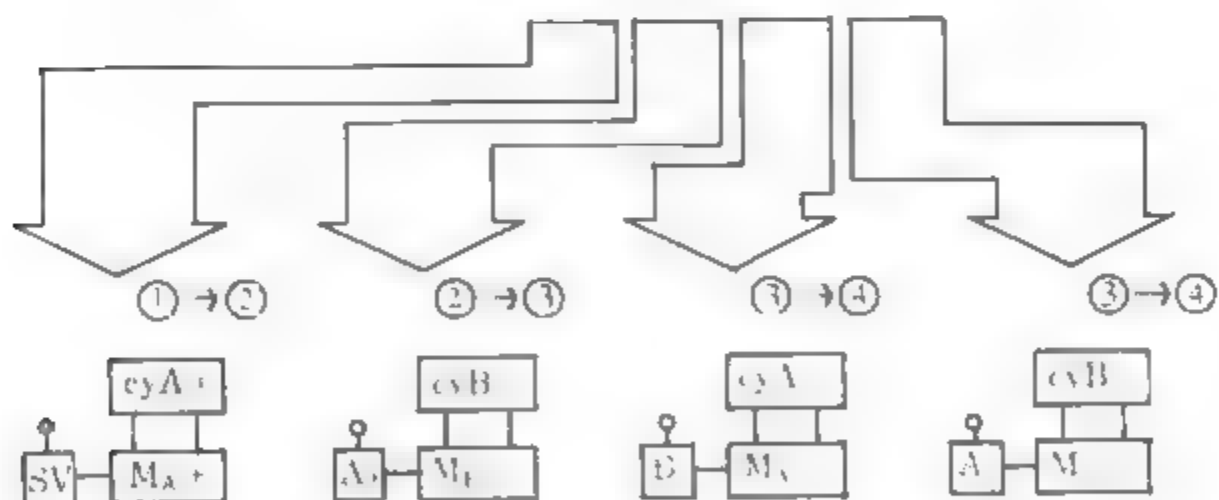
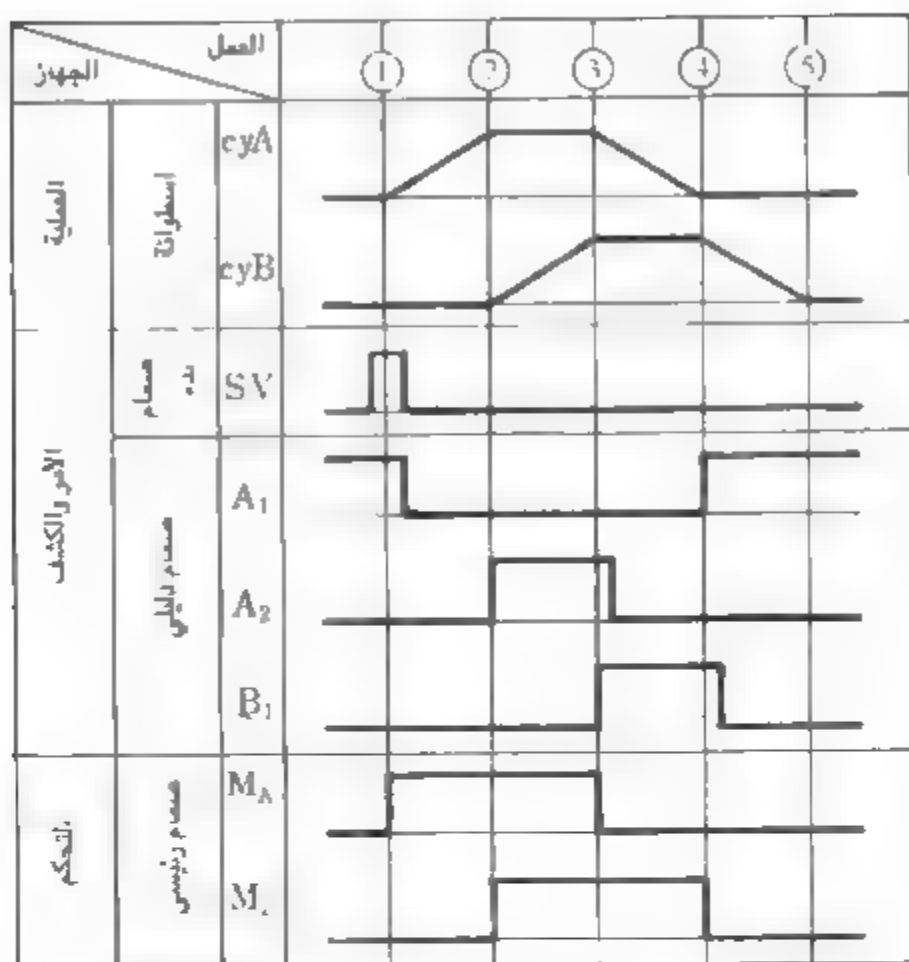
نشىء دائرة تتابع نيوماتية بالكامل ($A+B+A-B-$) باستخدام الاسطوانات cyA ، cyB . سحتاح إلى دائرة (AND) ، (ارجع إلى الفقرة ٤ الجزء ٢ الفصل العاشر) باستخدام صمام مساعد

تمرين ٥

نشىء دائرة تتابع ترددي أوتوماتيكي مسنمر بالهواء المضغوط بالكامل ($A+B+A-B-$) باستخدام الاسطوانات cyA و cyB .



الشكل ٨ - دائرة تتابع بالهواء المضغوط (نيوماتي) بالكامل
 $(A + B + A - B -)$



الشكل ٨-٤١ مخطط التتابع والرسم التخطيطي للتتابع الصندوقي

تمريعات

١ - يمكن تقسيم الطرق المستخدمة في أنظمة التحكم المتتابع إلى الثلاثة أنواع التالية

(أ) كهربائي (ب) هيدروليكي (ج) بالهواء المضغوط (نيوماتي)

اختر الخصائص المناظرة لهذه الأنظمة من الخصائص (١) إلى (٥) التالية .

(١) خطوط أنابيب معقدة ،

(٢) ليست دقيقة جداً ، ولكن ينتشر استخدامها كنوع متوسط

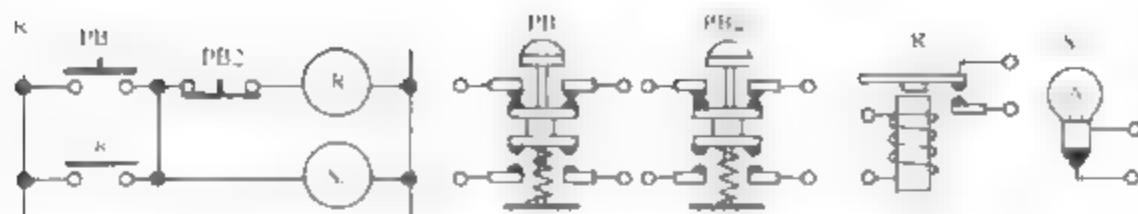
(٣) تولد قوة كبيرة

(٤) تتفوق في معالجة الإشارات

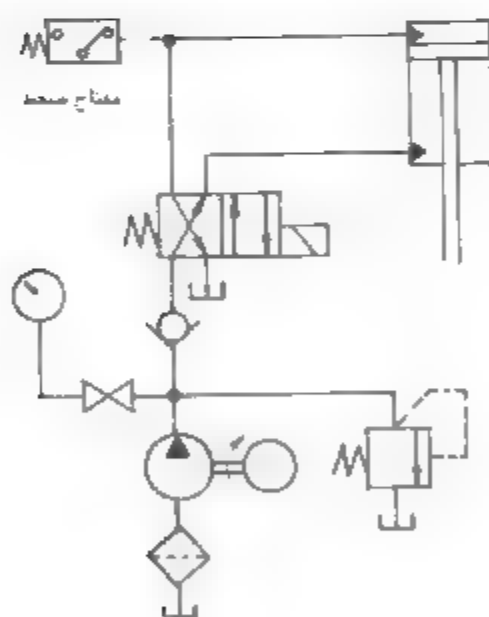
(٥) مناسبة للعمل عن بعد

٢ - صل الأجهزة بخطوط تبعاً لدائرة المرحل المبينة في الشكل ٨-٤٢ .

٣ - يبين الشكل ٨-٤٣ ، الرسم التخطيطي لدائرة هيدروليكية ذات ضغط ١٠ طن قوة أنشئ رسماً تخطيطي للتتابع للتحكم في الدائرة الهيدروليكية



الشكل ٨-٤٢



الشكل ٨-٤٢

هوامش

(١) النوع الآخر عبارة عن نوع التلامس المتقى ، وهو يحتجر الحالة حتى بدء العملية التالية عند الضغط عليه

.

الفصل التاسع

التحكم ذو التغذية المرتدة (الخلفية) FEEDBACK CONTROL

١-٩ نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

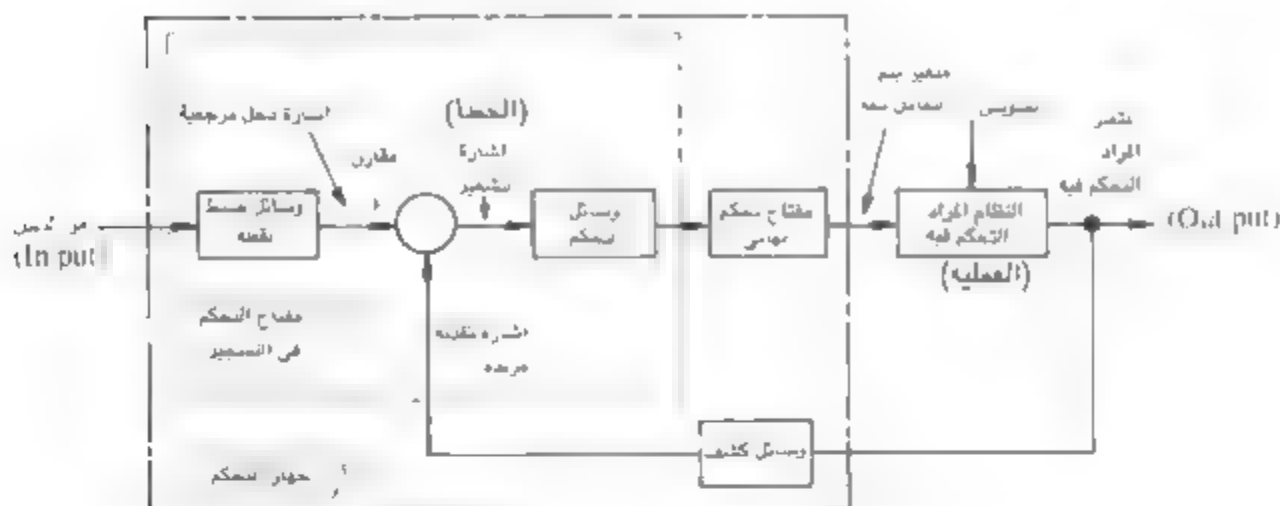
١-١-٩ إشارة نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

Signal of Feedback Control System

التحكم ذو التغذية المرتدة عبارة عن التحكم الذي يعيد قيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها إلى ناحية الدخل لمقارنتها مع القيم المستهدفة، ويقوم بعملية تصحيح لكي تصبحا متماثلتين وفيه تعاد إشارة الحرج إلى ناحية الدخل للمقارنة مع إشارة الدخل ويتم الضبط ثنية ، نتيجة لذلك ويكون خط انتقال الإشارة حلقة واحدة. وعلى هذا ، يسمى مسار الإشارة الناتج دائرة مغلقة .

ويبين الشكل ١-٩ ، مثالا بسيطا للتحكم ذو التغذية المرتدة، وهو يستبدل إجراء المقارنت واتخاذ القرارات وأداء العمليات التي يقوم بها الإنسان كما في الشكل ٧-٤ ، بواسطة المنظم ، والصمام ذي الغشاء والأجزاء الأخرى ويتم تنظيم درجة الحرارة في هذا النظام عن طريق خط انتقال إشارة مغلق كما يلي





(١) - مفتاح التحكم يتكامل الصبط والمقارن وأجراء التحكم هي وحدة واحدة تسمى وحدة التحكم

ووحدة التحكم التي تجهز بمسجل بيان تسمى مفتاح التحكم .

(٢) - نظام (جهاز) التحكم وتتكون من تكامل ثلاثة أجزاء هي مفتاح التحكم (وحدة التحكم) وجهاز

التشغيل وكاشف هي وحدة واحدة تسمى وحدة التحكم وإشارة التغذية المرتدة هي الإشارة

التي تقدر القيمة التي يراد التحكم فيها والقيمة المستهدفة عند مخرج الكشف وإشارة

الدخل المرجعية علاقة ثابته مع القيمة المستهدفة ، وتطبق كمرجع للتحكم ، ويتم مقارنتها مع

إشارة التغذية المرتدة أما إشارة تشغيل التحكم فيتم الحصول عليها بمقارنة إشارة الدخل

المرجعية وإشارة التغذية المرتدة في جزء المقارن، وذلك لتشغيل أعمال التحكم

أما التشويش فهو التأثيرات الخارجية التي تدخل من الخارج على نظم التحكم لتشويش حالة

التحكم

الشكل ٩-٢ المخطط الصندوقي العام للتحكم نو التغذية المرتدة

في هذا النظام يحول جزء الضبط القيم المطلوب تحقيقها إلى إشارات (قيم مقاسة) مناسبة للمقارنة مع القيم المقاسة (إشارات تغذية مرتدة) من جزء الكشف وينقلها إلى جزء المقارن.

ويقوم جزء المقارن بمقارنة القيم المطلوب تحقيقها التي تم وضعها عن طريق جزء الضبط مع القيم المقاسة (إشارات التغذية المرتدة) من جزء الكشف ويقوم بالحصول على الفرق (الخطأ) .

ويعمل جزء المنظم كمركز للمنظم . حيث يحدد عمل جزء التشغيل بناءً على إشارات التشغيل التي يستقبلها من الجزء المقارن ، ويرسل الإشارات إلى جزء التشغيل .

ويحول جزء التشغيل الإشارات التي يستقبلها من الجزء المنظم إلى كميات تشغيلية ويتفاعل مع الأنظمة التي يتم التحكم فيها .

والنظام الذي يتم التحكم فيه هو الغرض المطلوب التحكم فيه . فيستخرج جزء الكشف الإشارات اللازمة للتحكم من الأنظمة التي يتم التحكم فيها . ثم تعود الإشارات التي تم استخراجها إلى جزء المقارن كإشارات تغذية مرتدة.

تعريف ١

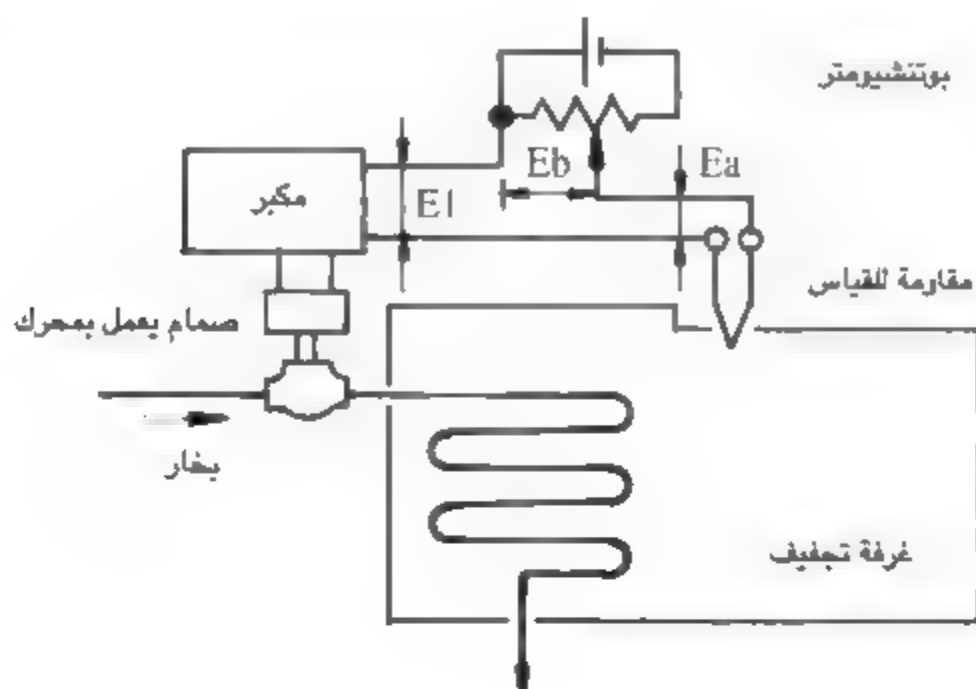
ارسم شكل نظام التحكم المبين في الشكل ٩-١، عن طريق الرسم التخطيطي الصندوقي.

تعريف ٢

اذكر أمثلة للاضطراب ، والتي يمكن أخذها في الاعتبار في نظام التحكم المبين في الشكل ٩-١.

تعريف ٣

يبين الشكل ٩-٢، المعدات التي تحافظ على درجة حرارة غرفة تحفيف عند 30°C . ارسم الرسم التخطيطي الصندوقي لمكونات المعدات وبين كل جزء باستخدام مصطلحات التحكم الأوتوماتيكي .



الشكل ٣-٩ التحكم في درجة الحرارة لغرفة تجفيف

٣-١-٩ تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة

يمكن تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة كما يلي :

[١] التصنيف تبعاً لخاصية المتغير الذي يتم التحكم فيه

(١) آلية مؤازرة (سرفو) Servo - mechanism

ينشأ التحكم الأتوماتيكي لمتتبع أي تغيرات في القيمة المطلوبة، ويكون موقع الغرض واتجاهه ووضعه وعناصره الأخرى ، كمتغيرات يتم التحكم فيها ، كما في التحكم في المظهر لجانبي آلات التشغيل والملاحة الأتوماتيكية للسفن والطائرات .

(ب) التحكم في العملية Process Control

تعرف لعملية بها المرحلة التي يتم فيها المعالجة الطبيعية والكيميائية للمواد الخام وكثرت بصيغ المنتجات لمصوبة كم هي صناعة الصلب وتكرير الزيت . ولتحكم في عملية م. هو التحكم عن طريق التغذية المرتدة لضبط كميات لحالة في هذه العملية ، مثل الضغط ، ودرجة الحرارة ، والاسياب ، والكثافة و pH

(ج) الضبط الأوتوماتيكي Automatic Adjustment

الضبط الأتوماتيكي عبارة عن تحكم ذو التغذية المرتدة ، ويستخدم أساساً الكميات الكهربائية و الميكانيكية كمعيرات يتم للتحكم فيها ، مثل السرعات ، وسرعة الدوران ، والشد ، والجهد ، والتيار .

[٢] التصنيف تبعاً لخصائص القيم المطلوبه

Classification by Properties of Target Values

(أ) التحكم في القيم الثابتة Fixed Value Control

وهو للتحكم عندما لا تتغير القيم المطلوبه مع الزمن وتأخذ قيمة ثابتة.

(ب) التحكم في القيم المتغيرة Variable Value Control

وهو للتحكم لمتابعة قيمة مطلوبه متغيرة عن طريق متغير يتم التحكم فيه ، ويمكن تصنيفه كما يلي

(١) التحكم بالمتابعة Tracking Control :

وهو للتحكم لمتابعة قيمة مستهدفة تتغير بثبات مع متغير يتم التحكم فيه مثل توجيه طائرة بواسطة رادار .

(٢) التحكم في البرنامج Program Control:

وفيه يتم ضبط التغير في القيم المستهدفة مسبفاً كما في التحكم في برنامج درجة الحرارة لفرن معالجة حرارية

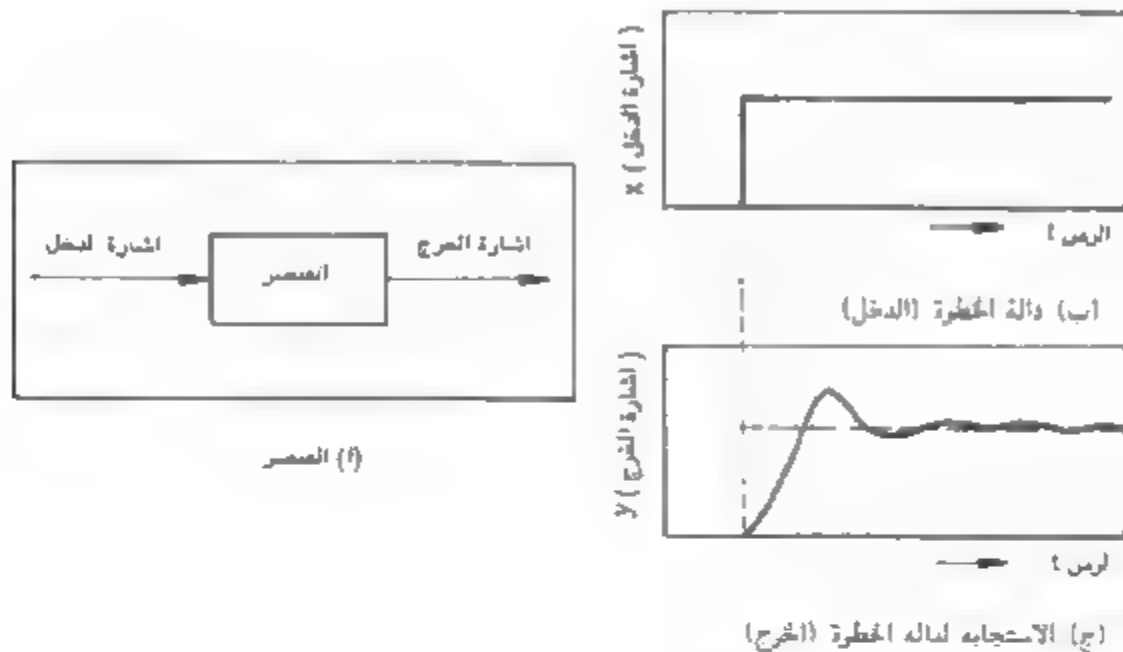
(٣) التحكم في النسبة Ratio Control :

وفيه يتم المحافظة على علاقة ذات نسبة معينة بين أكثر من كميتين وكمثال لذلك ، التحكم في نسبة الاسيد لعددية فرن دلهواء والوقود

٩-٢ عناصر التحكم والاستجابة Control Elements and Responses

٩-٢-١ الاستجابة لدالة الخطوة Step Response

يتكون نظام التحكم لأوتوماتيكي من دمج عناصر ذات خصائص مختلفة. ويبقى دراسة خصائص كل عنصر لمعرفة حالة التحكم لنظام التحكم الأوتوماتيكي بالكامل ، ففي العنصر المبين في الشكل ٩-٤ (أ)، يكون الدخل مساوياً للصفر حتى زمن معين ، وتؤخذ قيمة ثابتة لحظياً من هذا الزمن كما في الشكل (ب) ، (ج) . ويسمى هذا الدخل ، الدخل دالة الخطوة ، ويسمى خرج العنصر في حالة دخل دالة الخطوة بالاستجابة لدالة الخطوة (استجابة أسية) .

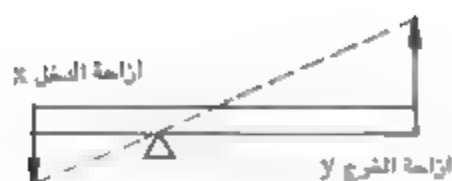


الشكل ٩-٤ الاستجابة لدالة الخطوة

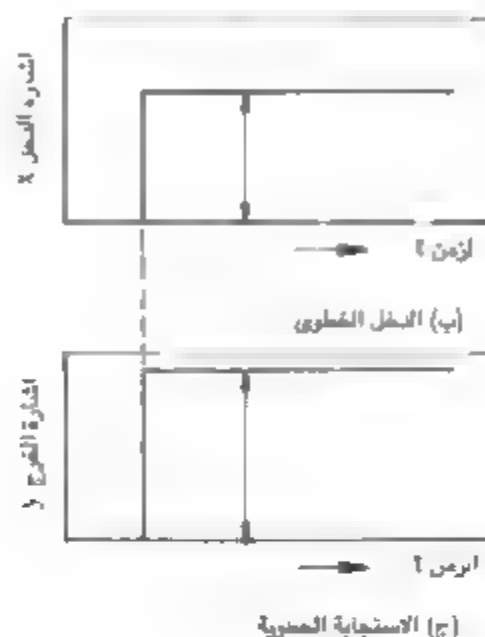
٩-٢-٢ العنصر التناسبي (خطي) Proportional Element

يسمى لعنصر الذي ينتج إشارة خرج تتناسب مع إشارة الدخل ، كما في الشكل ٩-٥ ، بالعنصر التناسبي . وتبين الأشكال (ب) ، (ج) الدخل ذا الخصوة والاستجابة لدالة الخطوة . وإذا كان الدخل هو X والخرج هو Y ، تكون العلاقة بين X ، Y كما يلي

$$y = kx \quad (9-1) \quad (\text{علاقة خطية}) \quad (k = \text{ثابت})$$



(١) ذراع



(ج) الاستجابة المستوية

الشكل ٩-٥ العلاقة بين الدخل والخرج لعنصر تناسبي

ومن أمثلة العناصر التناسبية سلسلة مسننات ومضخم

٣-٢-٩ العنصر المكامل Integral Element

يتحرك المكبس ناحية اليمين عند انسياب المائع في الاسطوانة خلال A، كما في الشكل ٩-٦ (أ) فتتواجد العلاقة التالية ، إذا كان الدخل هو الانسياب X (م^٣/ث) لمائع ذي ضغط ثابت ، ويكون الخرج هو إزاحة المكبس Y (م)، في زمن t (ثانية)، ومساحة مقطع الاسطوانة C (م^٢) ،

تعريف ٤

ف هي مساحة مقطع الاسطوانة المبينة في الشكل ٩-٦ (أ) ، التي تعبر راحة المكبس إلى 10 سم في 5 ثانية ، عندما يكون الانسياب 30 مليلتر/ثانية

(الإجابة 15 سم^٢)

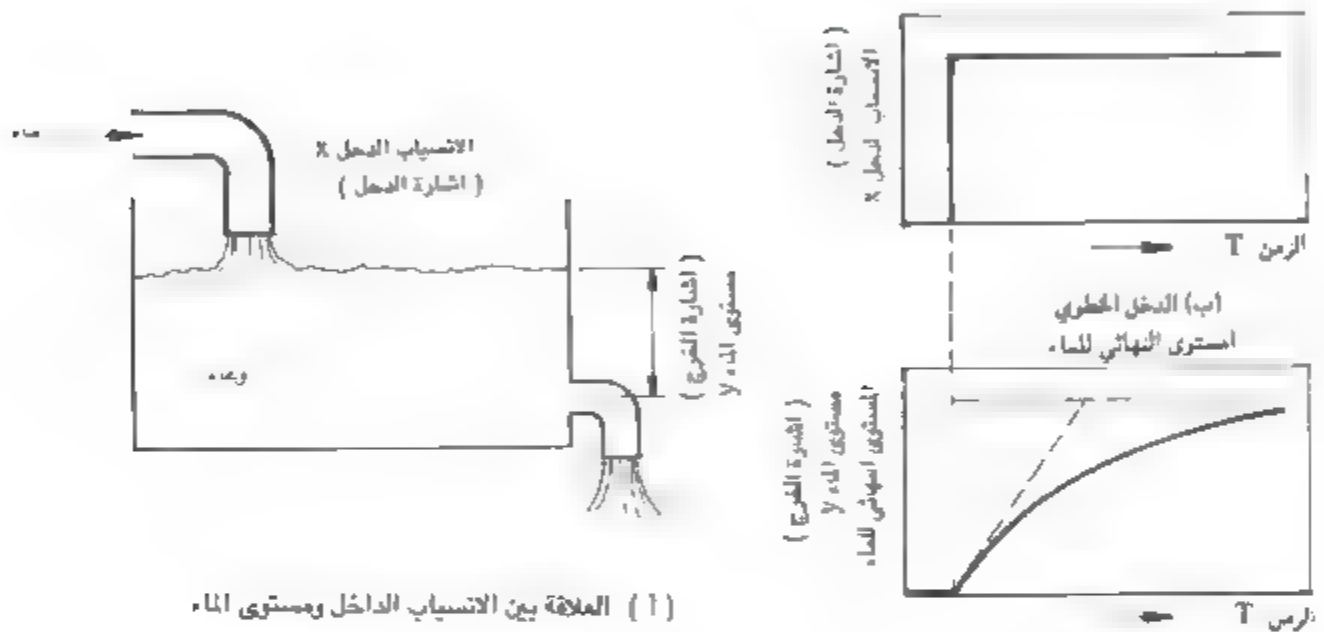
٩-٢-٤ عنصر التأخر من المرتبة الأولى First Order Lag Element

يرتفع مستوى الماء في خزان، ينساب من مدعه الماء، كما في الشكل ٩-٧ (أ) ، عندما ينساب إليه ماء بسرعة انسياب ثابتة إذا كانت سرعة الانسياب في الدخول أكبر منها في الخروج ويزيد معدل الانسياب في الخروج إذا زاد مستوى الماء وتعدل معدلات الانسياب في الدخول والخروج ، بحيث يتزن مستوى المياه عند موضع ثابت

وبفرض أن معدل الانسياب الداخل هو إشارة دخل ، وأن مستوى الماء هو إشارة خرج ، سيكون للدخل ذي الخطوة والاستجابة لذات الخطوة علاقة ، كما في الأشكال (ب) ، (ج) .

والعنصر الذي تصبح إستجابته لدالة الخطوة على شكل منحنى دالة أسية، كما في الشكل (ج)، يسمى عنصر له تأخر من المرتبة الأولى .

ويبين هذا المبحث أن الخرج يصبح ذا قيمة ثابتة بالنسبة للدخل ذي الخطوة بعد مرور زمن ، ثم يحافظ بعد ذلك على المواربة (حالة الإستقرار) .

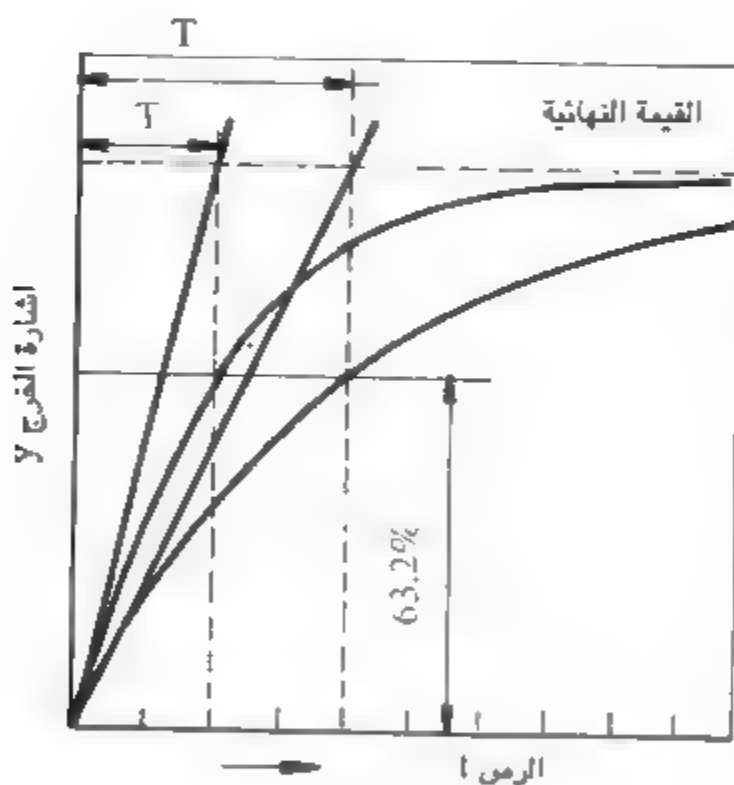


(ج) لاستجابة خطوية

ردا لم يرد معدل الانسياب الخارج ، حتى في حالة ارتفاع مستوى الماء . يمكن موصيغ 'التغيرات في مستوى الماء بالخط ، لنقط المائل في الشكل (ج) وهذا الخط المنقط هو المماس عند نقطة لارتفاع بهذا المنحنى ، وهو يبين أن سرعة الاستجابة تكون أبطأ كلما كانت مساحة مقطع الحزان أكبر

الشكل ٩ - ٧ عنصر تخلف من المرتبة الأولى

ويبين الشكل ٩-٨ ، خصائص عنصر التخلف من المرتبة الأولى ، معبراً عنها بالزمن T ، وذلك بين زمن نقطة الارتفاع وتقاطع مماس نقطة ارتفاع الاستجابة لدالة الخطوة مع الخط المستقيم الذي يبين القيم النهائية . ويسمى T الثابت الزمني . ويتطابق الثابت الزمني T مع الزمن التي تصل عنده قيمة الخرج إلى 63.2% من القيم النهائية . ومن أمثلة عنصر التخلف من المرتبة الأولى تغيرات الضغط الداخلي لخزان ضغط بصمام خافق، وجهد شحن المكثف .



الشكل ٩-٨ الثابت الزمني لعنصر تخلف من المرتبة الأولى

تمرين ٥

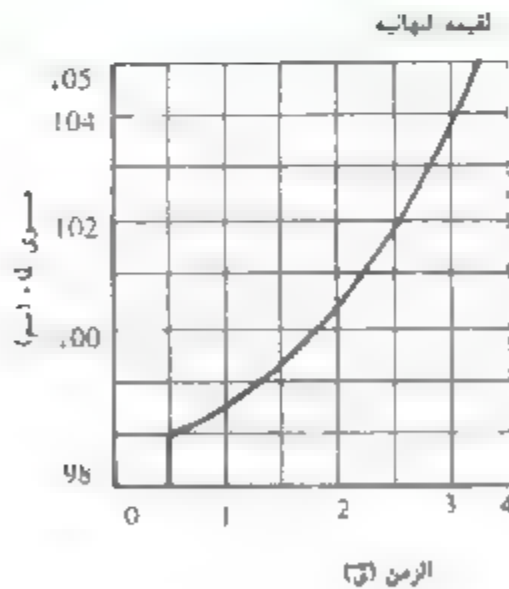
يبين الشكل ٩-٩، منحنى استجابة لدالة الخطوة لعنصر تخلف من المرتبة الأولى . احسب الثابت الزمني لعنصر التخلف من المرتبة الأولى من هذا الشكل .

(الإجابة : 1.75 ق)

تمرين ٦

تم اختبار استجابة لدالة الخطوة ، عن طريق عنصر تخلف من المرتبة الأولى دي ثابت زمني يساوي 5 ثانية . وكان التغير في قيمة الخرج في 5 ثواني هو 15 سم ، فما هي النعيرات في القيمة النهائية للخرج ؟

(الإجابة : 23.7 سم)



الشكل ٩-٩ منحنى استجابة لدالة الخطوة

٩-٢-٥ العنصر المفاضل Differential Element

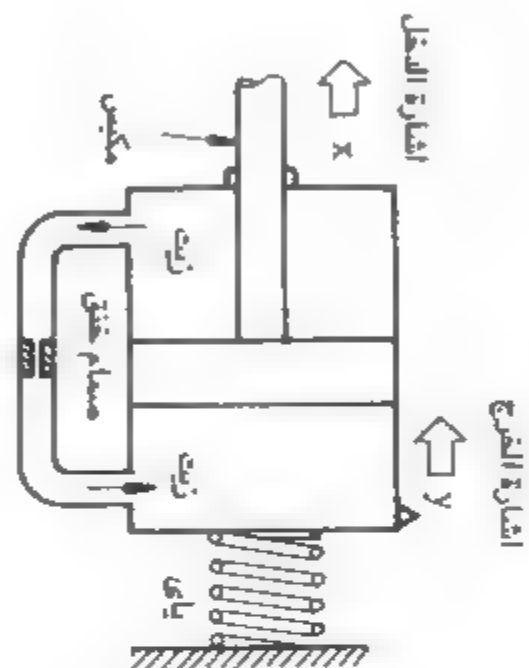
تسمى الاسطوانة المسببة في الشكل ٩-١٠ (أ) ، والمملوءة بزيت له درجة لزوجة عالية على جانبي مكبس ، حيث يتصل هذان الحائنان بأنبوبية ، بنسيطة توهين . وبالضبط المناسب للصمام الخائق المركب على الأنبوبة وتحريك عمود المكبس ، تتحرك الاسطوانة مع المكبس نتيجة اللزوجة العالية للزيت وعدم قدرة الزيت على المرور في الأنبوبة . غير أنه ، بعد توقف المكبس عن الحركة ، ينساب الزيت بالتدريج خلال الأنبوبة مع مرور الزمن وتعود الاسطوانة المثبتة ببطء إلى وضعها الأصلي عن طريق ياي . وتبين لأشكال (ب) ، (ج) ، الدخول لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة عندما تستخدم بزاحة المكبس ، كدخول ، وإزاحة الاسطوانة ، كخرج ، وأما العنصر الذي له إشارة خرج تتناسب مع القيمة التي يتم الحصول عليها عن طريق تفاضل إشارة الدخول بالنسبة للزمن - كما في هذه الحالة - فيسمى العنصر المفاضل .

تمرين ٧

وضح كيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند فتح صمام الخائق للجهاز المدين في الشكل ٩-١٠ (أ) ، قليلاً ، وكيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند تغير الزيت إلى نوع ذي لزوجة منخفضة

٩-٢-٦ عنصر ذو زمن خمود Dead Time Element

ينساب ماء من أنبوبة في خزان كما في الشكل ٩-١١ (أ) ، حيث المسافة بين الصمام ومخرج الأنبوبة تساوي (م) . وعليه ، فبالا نحتاج إلى زمن معين قبل انسياب الماء في الخزان بعد فتح الصمام . وبفرض أن فتحة الصمام هي الدخول ونسياب الماء عند مخرج الأنبوبة هو الخرج ، يصبح الدخول لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة كما في الأشكال (ب) ، (ج) . ويسمى العنصر الذي له إعاقة زمنية ثابتة بين إشارة الدخول وإشارة الخرج ، كما في هذه الحالة ، عنصر ذو زمن الخمود ويسمى وقت الإعاقة بأبزمن الخمود . ويظهر زمن الخمود نتيجة دمج عناصر مختلفة بعدة طرق في نظام التحكم لأوتوماتيكي .



(أ) العلاقة بين إزاحة المكبس وإزاحة الاسطوانة في نقطة التوهين

(أشارة المخرج)
إزاحة الاسطوانة y



(أشارة الدخل)
إزاحة المكبس x



(ج) الاستجابة لدالة الخطية

الشكل ٩ - ١٠ العنصر المفاضل

تمرين ٨

ارسم رسماً تخطيطياً للاستجابة لدالة الخطوة عندما يستخدم فتح الصمام كدخل بمستوى الماء في المستودع كخرج في الجهاز المبين في الشكل ٩-١١ (أ) .

تمرين ٩

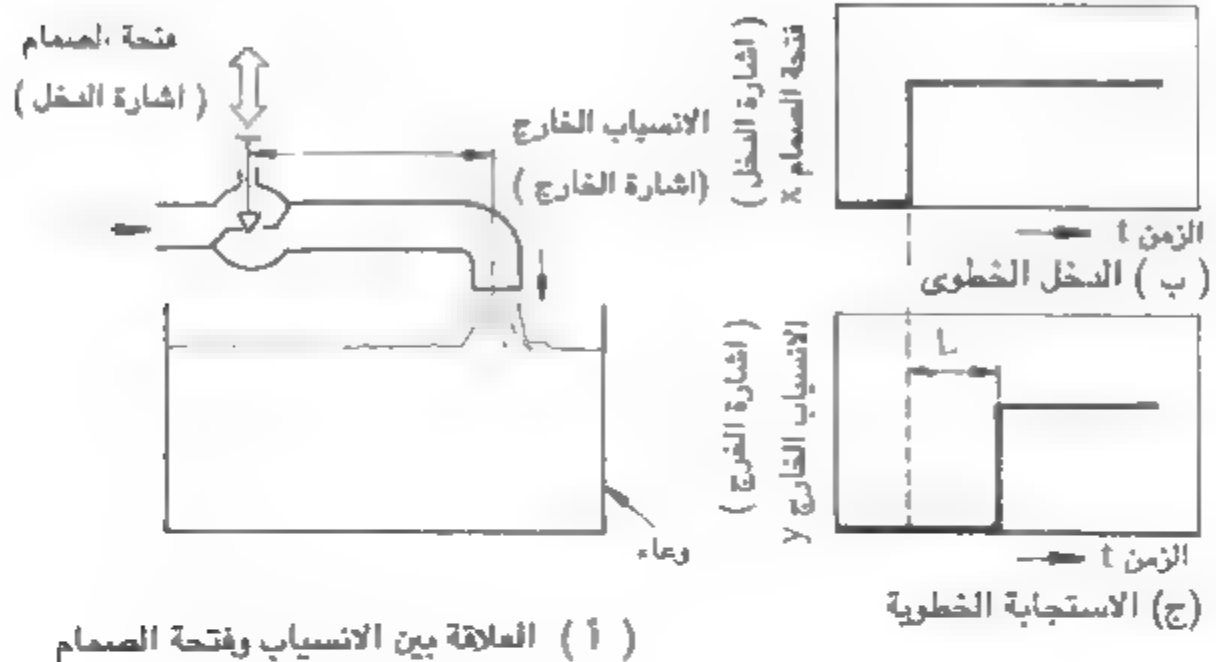
كم ثانية تكون قيمة زمن الخمود في الجهاز المبين في الشكل ٩-١١ (أ)، إذا كان $\checkmark = 1$ م ، ومساحة مقطع الأنبوبة هي 10 سم² والانسياب داخل الأنبوبة هو 250 سم³/ث ؟

(الإجابة 4 ث)

٩ ٣ مكونات بطم التحكم وعملية التحكم

٩-٣-١ جزء الكشف Detecting Part

تقوم معدات التحكم بالتحكم في النظام المراد التحكم فيه بطريقة مناسبة ، وتتكون من جزء كشف ومفتاح التحكم، وجزء التشغيل . ويعطي جزء الكشف الإشارات اللازمة لـ التحكم من النظام الذي يراد التحكم فيه . أما المتغيرات المراد التحكم فيها ، والتي يتم الكشف عنها فتشمل درجة الحرارة ، والانسياب ، والضغط ، ومستوى السائل ، والإزاحة ، والزوية . ويجب اختيار الأساسيات والطرق التي تناسب أغراض الكشف . كما يجب تحويل نتائج الكشف إلى إشارات مناسبة عندما يتم نقلها إلى مفتاح التحكم أو لأجزاء الأخرى .



الشكل ٩-١١ عنصر ذو زمن خمود

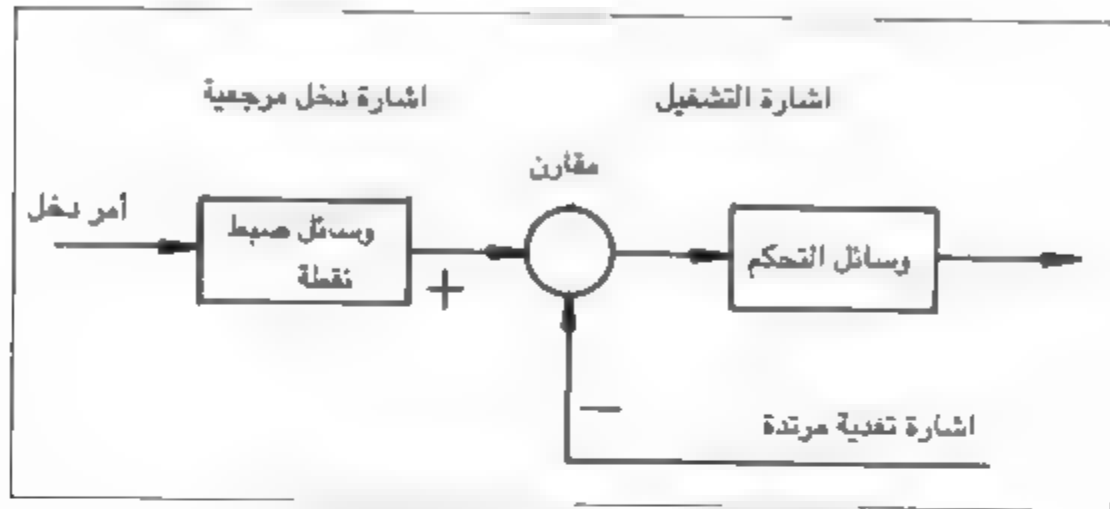
وتتحول إشارات لكشف من الكاشف إلى كميات طبيعية مثل الجهد، والتيار ، والضغط، ويتم تعيبرها ثانية عند إرسالها إلى العنصر التالي ، وذلك لتوحيد حجم ونوع الإشارة . ويبين الجدول ٩-١ ، المعيرت المختلفة لتي يراد التحكم فيها . وكذلك أنواع ومباديء أجهزة الكشف الأساسية التي تناسبها .

٢-٣-٩ وحدة التحكم (المتحكم) Controller

وكما يظهر في لتكوين العام للتحكم بالسعة المرتدة في الشكل ٩-٢، يتكامل مفتاح وحدة التحكم مع أجزاء الضبط والمقارنة والتحكم، وهو ذو مسجل مبدئ ويبين الشكل ٩-١٢، جزء وحدة التحكم فقط داخل خطوط نقطة وعلى سبيل المثال، عند التحكم اليدوي في صمام ما، يعمل مخ الإنسان كجزء التحكم، ويعطي أوامر إلى اليد (جزء التشغيل) توضح كيفية تشغيل ذراع الصمام. وحرية الاختيار هي أحد أعمال التحكم لجزء وحدة التحكم، وتشمل القيم بعمل وصل/فصل (العمر ذو وصفي)، والعمل P (عمل متناسب)، والعمل PI (عمل متناسب ومكامر)، والعمل PID (عمل متناسب ومكامر ومفاضل).

القياس الذي يسم المتغير	النوع	المتغير الذي يسم المتحكم فيه	المتغير	النوع	القياس الذي يسم المتغير
درجة حرارة	ترمومتر الكهروحراري	الظاهرة الكهروحرارية	مقياس منسوب نوع أنوع	الظفر	
	ترمومتر بمقاومة	التغير في المقاومة الكهربائية سائر متغير درجة حرارة	مقياس منسوب بالصعق	ضبط عمود سائل	
	ترمومتر ذو شاشي معدني	ردد حرارة	مقياس منسوب بالصعق الحرقي	ضبط عمود سائل	
	ترمومتر الإشعاع الحراري	إشعاع أشعة تحت الحمراء من مادة تتغير حرارة شديدة	مقياس منسوب بالإشعاع	إرسال وامتصاص الإشعاع	
	ترمومتر للصعق	تغير في دفع مادة في وعاء	مقياس منسوب فوق الصوتي	زمن الإعكاس فوق الصوتي	
معدل التدفق	مقياس تدفق بالضغط الفرق	الضغط الفرق وتقل وبعد الفتحة	فوهة - أرجوحة	علاقة الضغط ومقدرة التدفق الحرجي في الهواء	
	مقياس تدفق كهرومغناطيسي	سرعة تدفق وسدق وحيد مائع في مجال مغناطيسي	مناورة مفت	معدل التدفق من مناورة مفت ومفتحة الدوى	
	مقياس استغرق على أساس تغيير المساحة	نسبة السائل المتدفق والضغط	صمام رئيسي	الإزاحة والتدفق في المكس	
	مقياس تدفق بدرجة موجبة	عدد دورات العضو الدوار في مكثف ثابت	مقاومة متغيرة	انغير في موضع ملامس متحرك لمقاومة متغيرة	
			محلول عرقي	وضع انقب في المحل	
الصعق	مقياس صعق نوع نبوية بوردون		نبوب صوني	تغير فيص الإصاصة بإزاحة عطاء	
	مقياس صعق نوع لغشاء	راحة جسم مرر يتأثر بالصعق	مقياس التشوه ذو سلك مقاومة	تغير مقاومة سلك عن طريق التشوه	
	مقياس صعق ح		مقاومة مرافقة	تغير لجهد في المقاومة	
		قيمة زاوية			

الجدول ٩ - ١ أنواع وأساسيات أجهزة الكشف

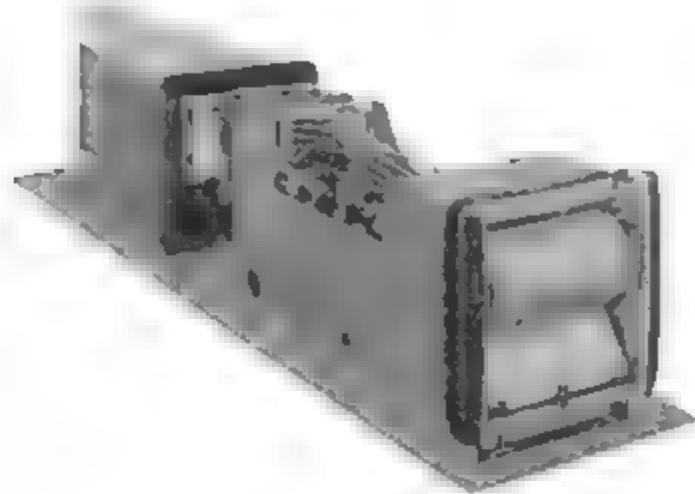


الشكل ٩-١٢ وحدة التحكم

* وعلى سبيل المثال ، إذا كان عمل التحكم لجزء وحدة التحكم جيداً ، يمكن أن يقوم الإنسان بتشغيل اليد باستقرار (بتوازن) دون الوقوع من الدراجة . وإذا كان عمل وحدة التحكم غير جيد ، يصبح نظام التحكم الأتوماتيكي غير مستقر ، حيث تصبح اليد غير ثابتة عندما يركب رجل دراجة لأول مرة. ويمكن لجزء مفتاح التحكم تحسين خصائص عمل النظام المراد التحكم فيه .

تقسم أنواع وحدة مفتاح التحكم إلى وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي) ووحدة التحكم الهيدروليكي والكهربائي ، وتجميعات منهم تبعاً لنوع الطاقة المستخدمة في عمل التحكم .

ويبين الشكل ٩-١٣ المنظر الخارجي لوحدة تحكم بضغط الهواء .



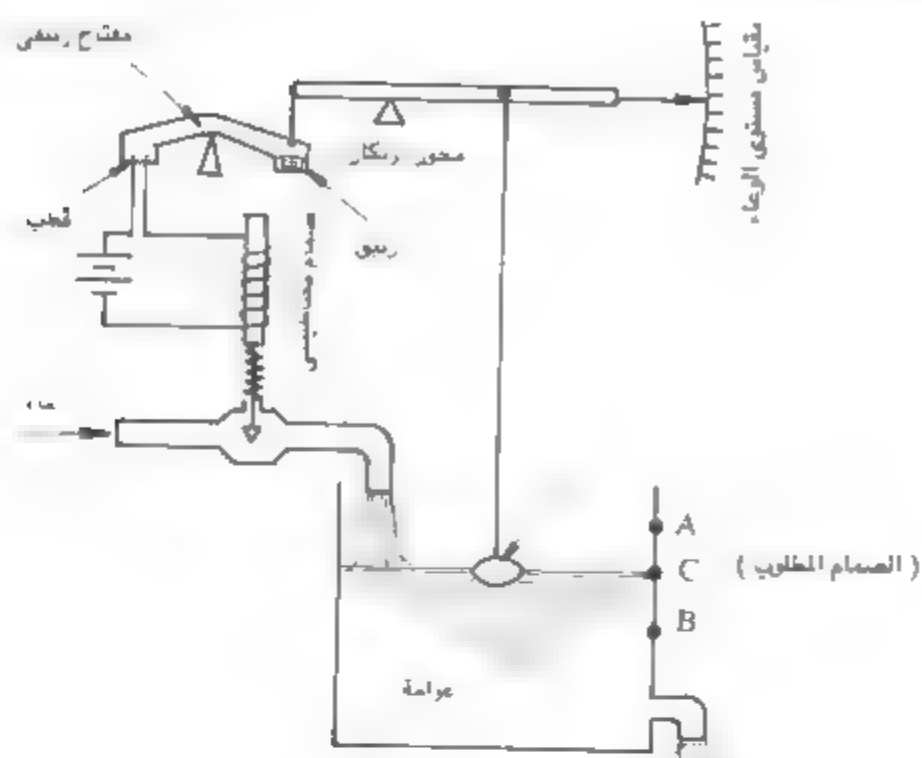
الشكل ٩-١٢ وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي)

[١] عمل وصل / فصل (العمل ذو وضعين)

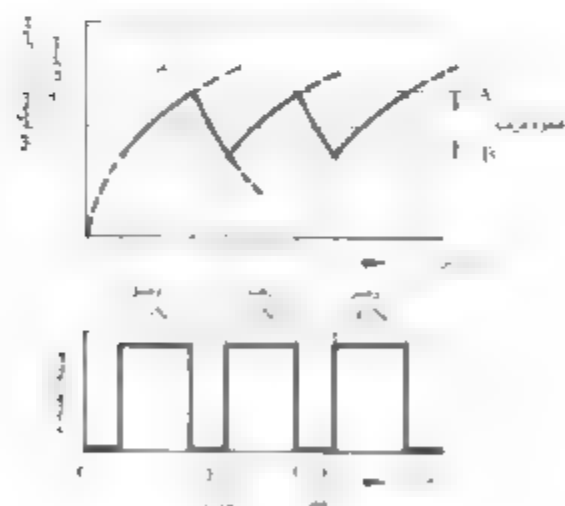
On - off Action (Two-position Action)

في التحكم في مستوى الماء ، الحيز في الشكل ٩-١٤ ، يخفص العوامة وترفع الحافةسمى لمفتاح الربو لتفتح الصمام دا الملف اللولبي عندما يخفص مستوى الماء إلى b ، فيضبط الوضع C لمستوى الماء كقيمة مستهدفة

وبالعكس بفعل الصمام ذو الملف اللولبي عندما يرتفع مستوى الماء إلى a ، يسمى المسافة بين a ، b بالفتحة الفرفية ، والصمام المراد التحكم فيه هنا عذره عن عنصر نحلف من المرنة الاولى ، ويمكن رسم منحى الاستجابة ذات الخطوة، كما هي لشكل ٩-١٥ .



الشكل ٩ - ١٤ التحكم في مستوى الماء بعمل وصل/فصل



الشكل ٩ - ١٥ عمل وصل/فصل دوري

ويعرف عمل المتغير الذي يتم التعامل معه، مع الأخذ في الاعتبار قيمتين من العمل وصل / فصل ، تم تحديدهما مسبقاً، عندما ينحرف المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى سائل) عن القيمة المستهدفة ، بالعمل وصل/ فصل (عمل ذو وضعين) ويتسبب نظام التحكم عن طريق العمل وصل/ فصل في إحداث تذبذبات (تذبذبات رأسية) حول القيمة المستهدفة . لذلك ، لا يكون هذا مناسباً إذا كان الثابت الزمني لنظام التحكم صغيراً (ميل منحني مستوى الماء في الشكل ٩-١٥، كبير) غير أن له تركيباً بسيطاً ، وهو منخفض التكاليف ، ويسبب مشاكل قليلة . ولهذه الأسباب ، يستخدم بكثرة

تمرين ١٠

اذكر أمثلة للتحكم وصل / فصل حولك .

تمرين ١١

ما هي أجراء نظام التحكم الأتوماتيكي للمعدة المبينة في الشكل ٩-١٤، والتي يجب تغييرها وكيف تقلل الفتحة الفرقية (التفاضلية) للمعدة ؟ .

تمرين ١٢

خزان يرتفع مستوى الماء فيه بمعدل 2 سم/ق ، عندما يكون المفتاح في وضع «وصل» ، ويحفظ بمعدل 1 سم/ق عندما يكون المفتاح في وضع «فصل» عند مستوى ماء بالقرب من 300 سم . تم التحكم في الخزان بعمل وصل/ فصل عند قيمة 300 سم، ومسافة فرقية 15 سم

احسب الزمن والفترة التي يكون فيها المفتاح في وضع وصل (الإجابة: 7.5 ق ، 22.5 ق)

[٢] العمل P (العمل المتناسب) P Action (Proportional Action)

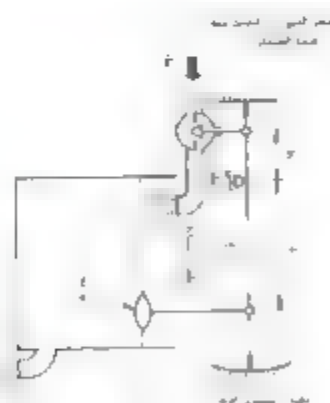
هو العمل الذي يقوم بتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بحجم يتناسب مع الانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى السائل) وبين القيمة المستهدفة ويمكن هنا تلاشي عيوب التذبذب في العمل وصل/فصل

ويبين الشكل ٩-١٦، التحكم في مستوى الماء بواسطة العمل P. ويتم التحكم في مستوى الماء حتى ينطبق مع القيمة المستهدفة ، وذلك بتغيير فتحة الصمام بما يتناسب مع التغير في مستوى الماء ليغير الانسياب

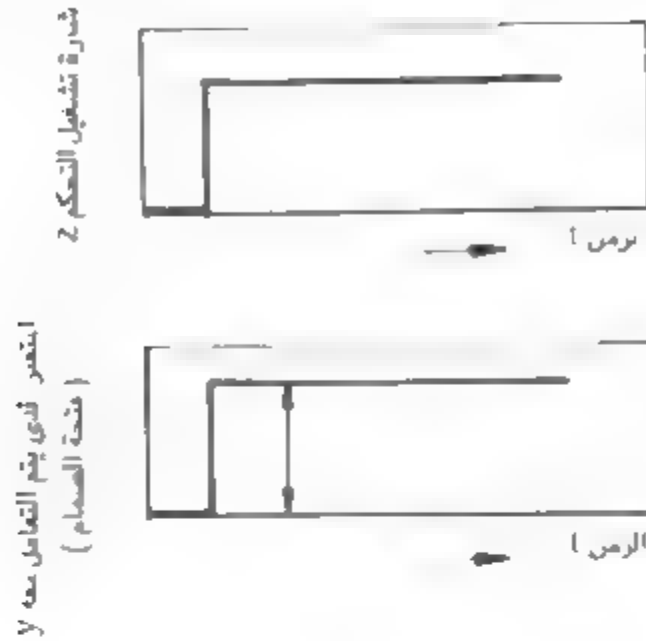
وبفرض أن الانحراف (إشارة عمل التحكم)، هو Z ، وأن المتغير الذي يتم التعامل معه هو y ، تكون العلاقة بينهما كما في المعادلة (9-3) ويسمى k_p كسب التناسب ، وهو يبين شدة العمل P .

$$y = k_p z \quad (9-3)$$

يبين الشكل ٩-١٧، العلاقة بين إشارة عمل التحكم التي تشبه الخطوة والمتغير الذي يتم التعامل معه في حالة العمل P .



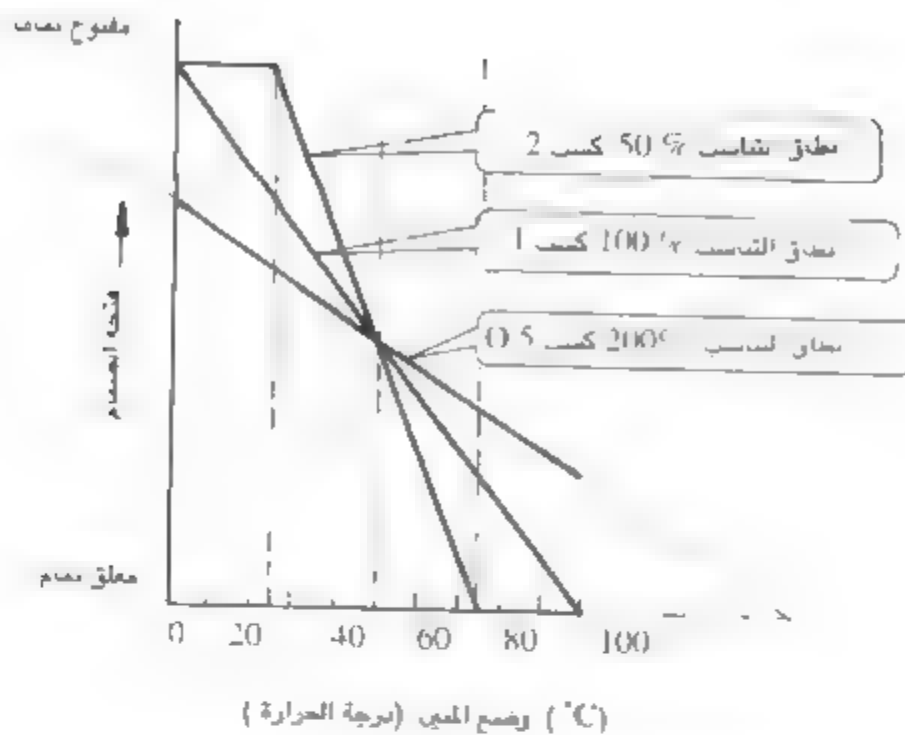
الشكل ٩-١٦ التحكم في مستوى الماء عن طريق العمل P



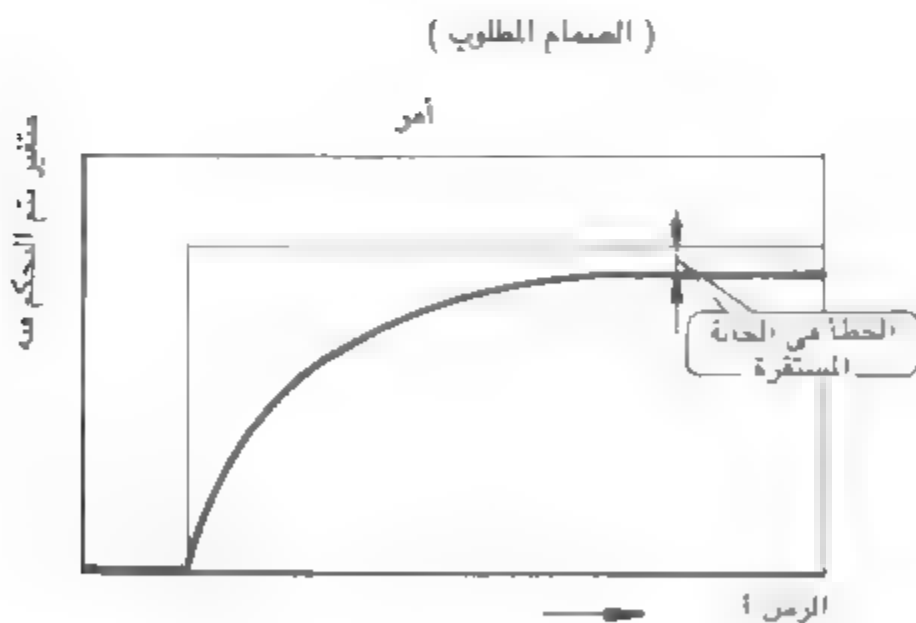
الشكل ٩-١٧ العمل P

وبزيادة النسبة b/a للذراع في الشكل ٩-١٦ ، تزداد فتحة الصمام بالتناسب مع تغير مستوى الماء . وياطر كسب التناسب هذه النسبة للذراع ويمكن الحصول على متغير كبير يتم لتعامل معه (فتحة الصمام) حتى ولو كان الانحراف صغيراً (إشارة عمل التحكم) إذا كان كسب التناسب كبيراً .

* سنستخدم مفاتيح التحكم مطبق لناسب بشكل أكثر من كسب التدسب. ويبين نطاق لناسب لنسبة لمؤوية لمدي القياس الكلي لمفاتيح التحكم التي يحتاجها حجم الانحراف لتغير متغير الذي يتم التعامل معه (فتحة الصمام) من قفها تماماً إلى فتحها تماماً وعلى سسر مثال . يكون نطاق لناسب لمفتاح التحكم الذي مدي قياس 100 °م كما في الشكل ٩-١٨ ، هو 50% . إذا أصبح الصمام مفتوحاً تماماً عند 25 °م ومقفولاً تماماً عند 75 °م بعد ضبطه . عندما تكون القيمة المستهدفة مضبوطة على 50 °م وبشكل عام ، فإن مفاتيح التحكم لموحودة في السوق يمكن أن تُضبط بين نسبة مؤوية صغيرة وحتى ~ 200~500% .



الشكل ١٨-٩ نطاق التناسب

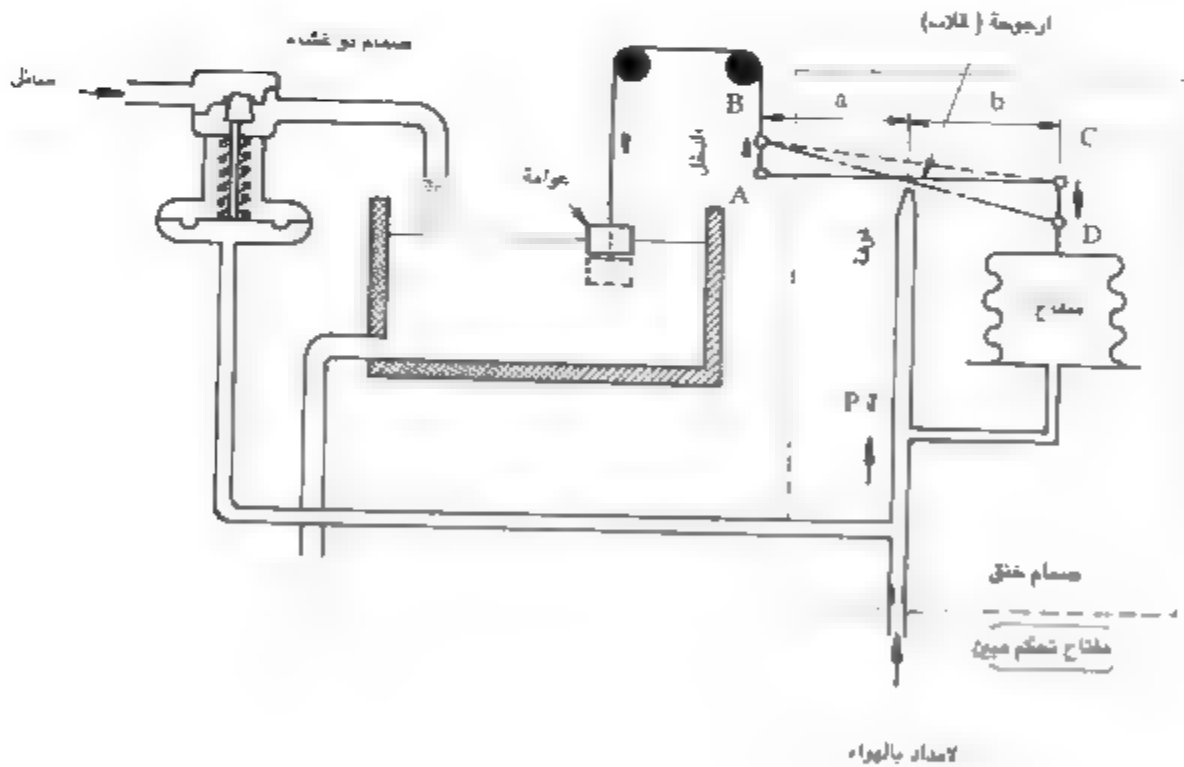


الشكل ١٩-٩ انحراف الحالة المستقرة

يستقر المتغير الذي يتم التحكم فيه على قيمة ثابتة بعد وقت كافٍ بعد تغيير القيمة المستهدفة أو بعد حدوث تغيرات في الحمل الذي يشبه الخطوة، بينما يتم التحكم الأوتوماتيكي في النظام المراد التحكم فيه ، ذي عنصر تخلف من المرتبة الأولى، عن طريق عمل متناسب في العمل P ، يتناقص المتغير الذي يتم التعامل معه بالتدرج وبالتناسب، إذا تناقص الانحراف بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة عن طريق تطبيق عمل التحكم ولذلك ، فإن أحد عيوب العمل P هو أنه لا يمكن الوصول فيه إلى التوافق التام بين المتغير الذي يتم التحكم فيه وبين القيمة المستهدفة ، الأمر الذي يترك انحرافاً ذا حالة مستقرة بين القيمة المستهدفة والمتغير الذي يراد التحكم فيه ، كما في الشكل ٩-١٩

ويبين الشكل ٩-٢٠ ، معدة للتحكم في مستوى سائل باستخدام الهواء المضغوط

ينفذ الهواء المضغوط لدى يدخل من خلال صمام الحقن. ونحرك العوامة الأرجوحة من الوضع الأول AC إلى الوضع BC وهذا يقلل الضغط الصافي للقوة P_0 ويقلل الضغط داخل المنفاخ ويضغط المنفاخ ، بحيث تعود الأرجوحة إلى الوضع BD وينز P_0 والضغط داخل المنفاخ وينتج خرج (ضغط هواء) يتناسب مع التحمل (وضع العوامة) ليفتح ويغلق الصمام إذا لزم الأمر بما يتناسب مع ضغط الهواء ، ويمكن ضبط كسب التناقص في مدى واسع ، وذلك بتغيير النسبة a:b للأرجوحة وثابت باقي المنفاخ .



الشكل ٩-٢٠ جهاز التحكم في مستوى سائل عن طريق العمل P

تعريف ١٣

عند التحكم في درجة حرارة غرفة تجفيف ، كما في الشكل ٩-٣ ، ما هي قيمة كسب التناسب إذا فتح صمام المحرك 4 مم عندما كانت E_1 تساوي 2 ملي فولت وإذا كان الإدخال الكامل لصمام المحرك هو 20 مم، فما هو مدى E_1 التي يمكن أن تقوم بالعمل المتناسب ؟
(الإجابة: 2 مم/ملي فولت ، 10 ملي فولت)

تعريف ١٤

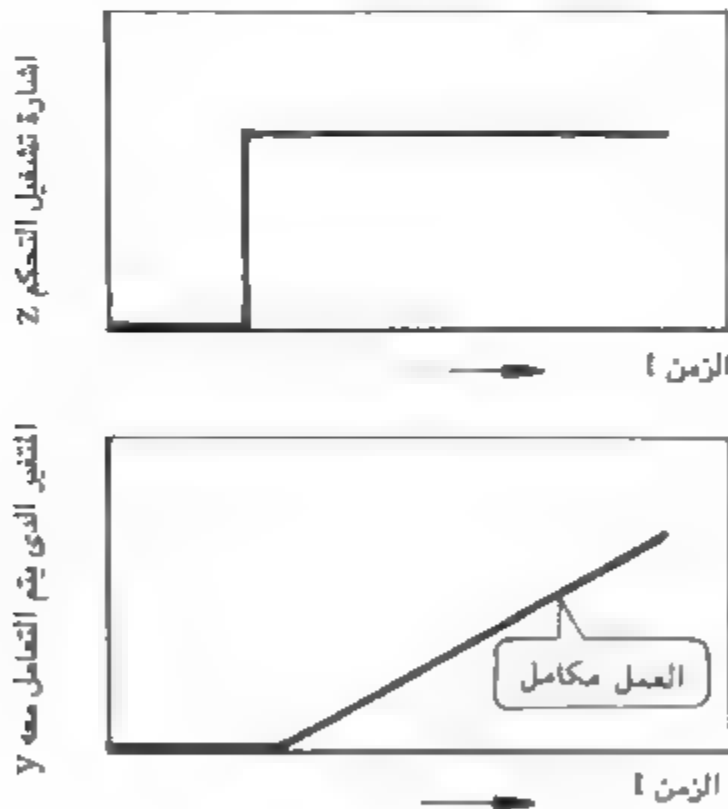
ما مقدار نطاق التناسب إذا كان المتغير الذي يتم التعامل معه مفتوحاً تماماً عند 70 هـ ومقفولاً تماماً عند 130 هـ بمفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر حتى 150 هـ ؟
(الإجابة : 40%)

[٣] العمل I (العمل المكامل) I Action (Integral Action)

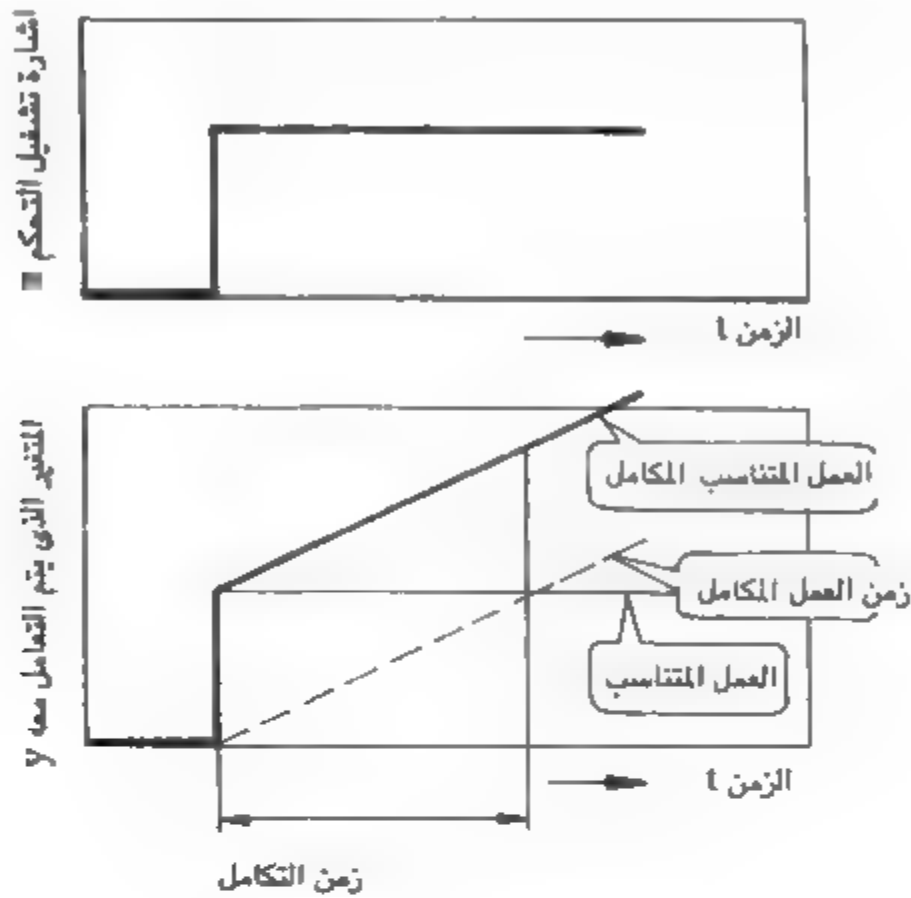
العمل اللارم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة المتكاملة للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة يسمى «العمل I»، كما في الشكل ٩-٢١ والعمل الذي يقوم بإضافة المتغير الذي يتم التعامل معه ، والذي يتناسب مع القيمة المتكاملة لإشارة عمل التحكم إلى العمل P ، كما في الشكل ٩-٢٢، يسمى العمل PI ويمكن أن تستخدم الأعمال I بطريقة منفصلة، ولكنها تستخدم مع الأعمال P، بشكل عام

وفي الأعمال PI, I ، طالما أن المتغير الذي يتم التحكم فيه ينحرف عن القيمة المستهدفة، وطالما أن الانحراف (إشارة عمل التحكم) يبقى ثابتاً ، يقوم العمل بتصحيح القيمة المتكاملة ، بحيث يحذف انحراف الحالة المستقرة كما في حالة العمل P غير أن الاتجاه للقيام بدورات $Cycling$ يظهر، وتكون هناك حاجة لوقت قبل أن يستقر نظام التحكم .

وزمن إعادة الضبط هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في حالة العمل التناسبي فقط عن طريق عمل التحكم المتكامل كما في الشكل ٢٢ ٩ . ويعبر زمن إعادة الضبط عن شدة عمل التحكم المتكامل ، ويكون عمل التحكم أقوى عندما يكون زمن إعادة الضبط أقصر



الشكل ٩-٢١ العمل I



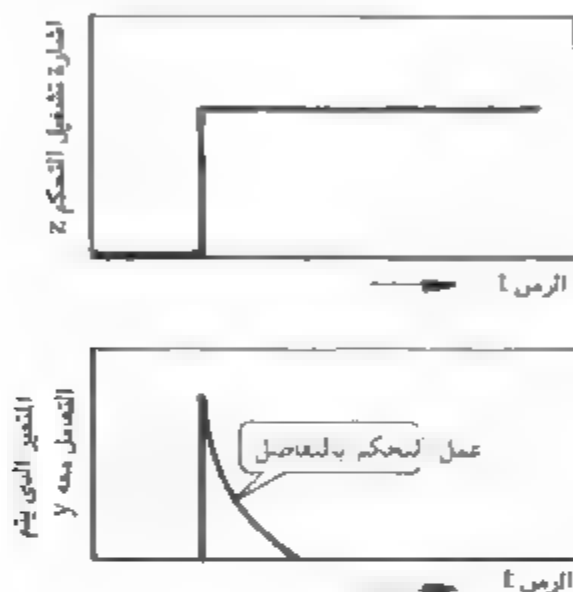
الشكل ٩-٢٢ العمل PI

[٤] العمل D (عمل التحكم بالتفاضل)

D Action (Derivative Control Action)

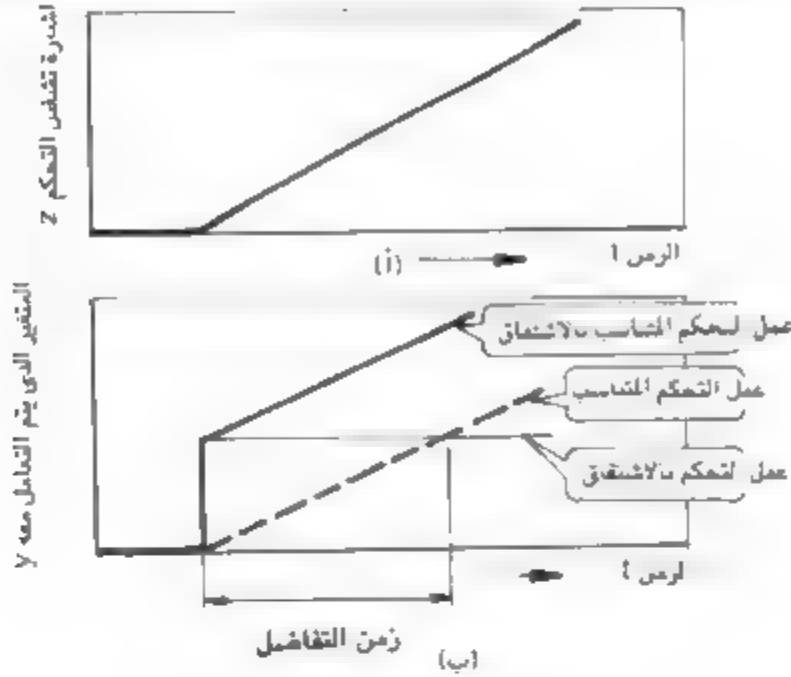
العمل D ، هو العمل اللازم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة الفرقية للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة ، كما في الشكل ٩-٢٣ والعمل الذي يتم تطبيقه على متغير يتم التعامل معه ، والذي يكون متناسبا مع القيمة الفرقية لإشارة عمل التحكم في حالة العمل P ، يسمى العمل PD ، كما في الشكل ٩-٢٤ والعمل PI الذي يتم تطبيقه مع العمل D يسمى

PID وبشكل عام، يستخدم العمل D مثل الأعمال PD أو PID ويؤدي العمل D أعمال تصحيح تتناسب مع السرعة المتغيرة للمتغير الذي يتم التحكم فيه ، ويستخدم عند تخميد تغيرات المتغير الذي يتم التحكم فيه بسرعة



الشكل ٩-٢٣ العمل D

وعند زيادة إشارة عمل التحكم بسرعة ثابتة، كما في الشكل ٩-٢٤(أ)، تصبح المتغيرات التي يتم التعامل معها ذات قيم ثابتة عند تطبيق العمل D فقط ، بينما تصبح خطا متقطعا عند تطبيق العمل P فقط .

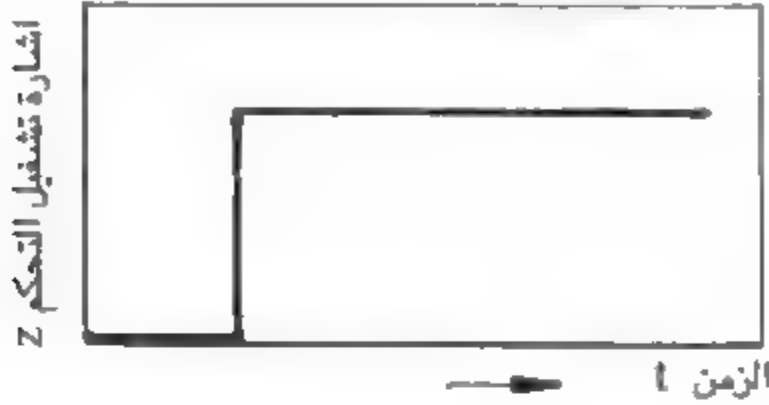


شكل ٩-٢٤ العمل PD

ويكون المتغير الذي يتم التعامل معه هو تجميع الاثنين ، كما في الشكل ٩ ٢٤ (ب) وزمن المعدل ، هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في حالة العمل P فقط عن طريق العمل D، عندما تكون إشارة عمل التحكم كما هي لشكل ٩ ٢٤ (أ) ويعبر زمن المعدل عن شدة عمل التحكم بالاشتقاق، ويكون عمل التحكم للتفاضل أقوى عندما يكون زمن المعدل أطول .

تمرين ١٥

بيّن متغيرات العمل PD التي يتم التعامل معها للتحكم في إشارات العمل على شكل خطوة كما في الشكل ٩-٢٥ .



الشكل ٩-٢٥ إشارة تشغيل التحكم على شكل خطوة

[٥] طريقة التحكم المناسبة

يمكن إجراء أعمال تصحيح تناسب تصرف إنحراف القيم المستهدفة وقيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها في أنظمة التحكم الأوتوماتيكية عن طريق التغذية المرتدة ، وذلك لكي تتطبق المتغيرات التي يتم التحكم فيها مع القيم المستهدفة ، عندما تحدث اضطرابات ، أو عن طريق تغيير القيم المستهدفة . وتشمل هذه الأعمال التصحيحية أعمال وصل/فصل، "D"، "I"، "P".

وعادة ، فإن لكل عنصر - مثل عناصر التحكم النهائية ، والأنظمة التي يتم التحكم فيها وعناصر الكشف الابتدائية - إعاقة زمنية . وكذلك إشارات التغذية المرتدة التي يتم كشفها لها إعاقة زمنية والقصور أو التجاوزات overshoot عن القيم المستهدفة تحدث نتيجة لأعمال التصحيح عن طريق هذه الإشارات . وإذا تكررت هذه الأعمال (التصحيح) يصبح التحكم في حالة تذبذب .

وعندما تصبح الفروق بين القيم المستهدفة والقيم التي يتم التحكم فيها صغيرة ، تصبح إشارات عمل التحكم صغيرة أيضاً ، مما يجعل هناك صعوبة في التوافق التام مع المتغيرات التي يتم التحكم فيها والقيم المستهدفة. ويبين الشكل ٩-٢٦، العلاقة بين أنواع التحكم المختلفة والاستجابات لدالة الخطوة .

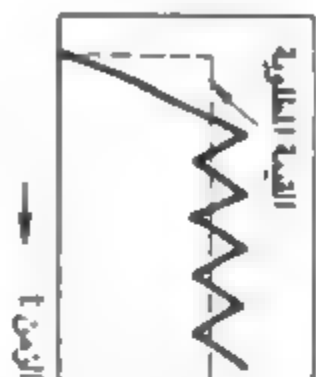
ويمكن القول بأن حالة التحكم جيدة في الحالات التالية

(١) اقتراب المتغيرات التي يتم التحكم فيها بسرعة من القيم المستهدفة.

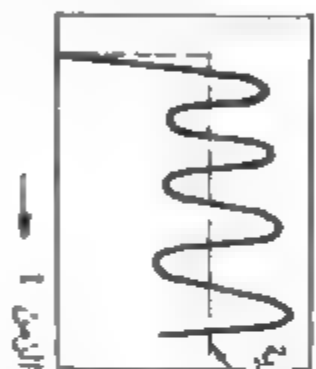
(٢) إذا أدت أعمال التصحيح إلى تجاوزات عن وضع التوازن المطلوب ثم إن هذه التجاوزات بسرعة تعود إلى حالة الإستقرار .

(٣) عدم بقاء الانحراف عن حالة الإستقرار المطلوبه.

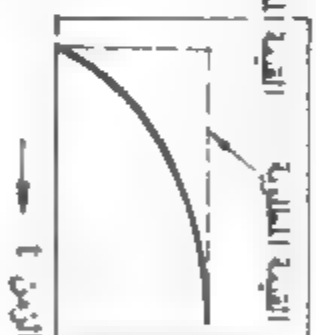
وهناك احتياج إلى أعمال تحكم تناسب الأغراض للمحافظة على ظروف تحكم جيدة. ويعرض الجدول ٩-٢، خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها وأعمال التحكم المناسبة لها



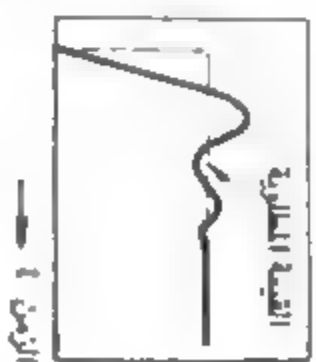
(أ) وصل / فصل
(تذبذب)



(ب) العمل في حالة
التعديل القوي
(سريع)



(ج) العمل في حالة
التعديل الضعيف
(بطيء)



(د) العمل في حالة
التعديل الأمل

الشكل ٩-٢٦ أنواع التحكم المختلفة والاستجابة لإشارة دالة خطوة

عمل لتحكم المتوافق	مثال	خاصية محددة لحرارة الرد لتحكم فيه
العمل I ، العمل PI	التحكم في لاسياب	عنصر مناسب
العمل P ، العمل وص/قطع	تحكم بسيط في درجة الحرارة	عنصر يحذف من مرنة الأولى
العمل PID	التحكم في درجة الحرارة (يوجد كشف بمعدل)	عنصر يحذف من مرنة الأولى يوجد إعافه رمية
العمل P	التحكم في مستوى السائل للعلاية	لعنصر المكامل

الجدول ٩-٢ خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها

وأعمال التحكم المناسبة لها

٩-٣-٣ عنصر التحكم النهائي Final Controlling Element

بعد استقبال إشارات التشغيل من مفتاح التحكم ، يقوم عنصر التحكم النهائي بتحويلها إلى متغيرات يتم التعامل معها ، ويؤثر على الأنظمة التي يتم التحكم فيها . فهو يباظر لايدى هي لإنسان . وتنقسم عناصر التحكم النهائية إلى أنظمة باستخدام الهواء المضغوط (نيوماتية) ، وأنظمة هيدروليكية وأنظمة كهربائية تبعاً للمتغيرات التي يتم التعامل معها .

(١) عنصر التحكم النهائي باستخدام الهواء المضغوط (النيوماتي)

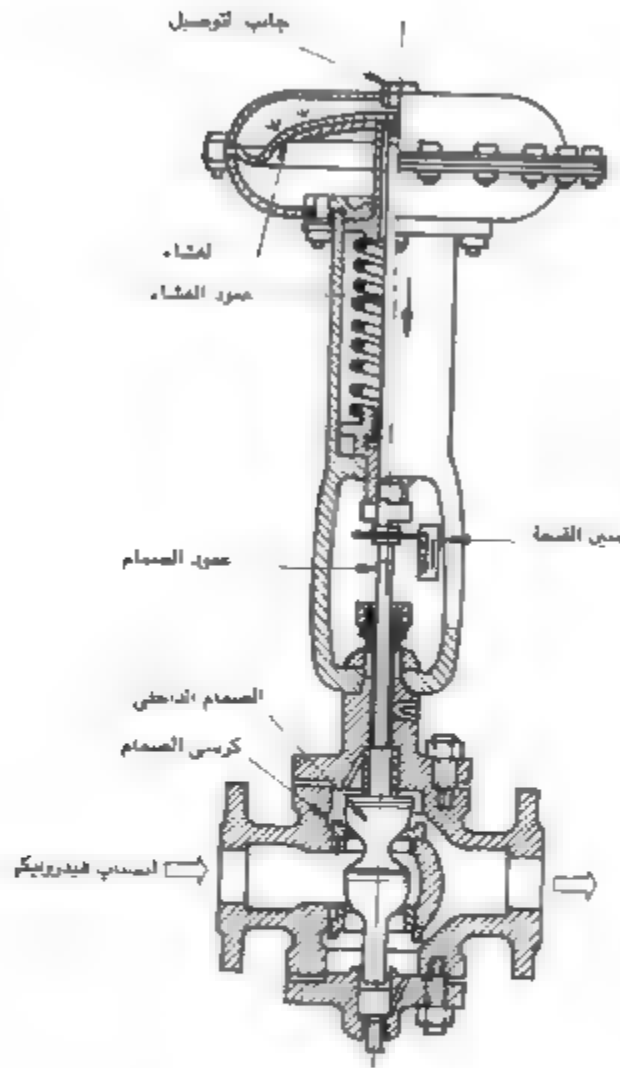
لعنصر التحكم النهائي باستخدام الهواء المضغوط ، أسطوانة هواء مضغوط وصمام غشائي .

وكما يظهر في الشكل ٩-٢٧ ، يستقبل الصمام الغشائي خرج إشارات التشغيل (مضغوط الهواء) عن طريق مفتاح تحكم بالهواء المضغوط عند بوابة يتم توصيلها معه وعندما يدفع هذا الهواء الغشاء إلى أسفل ، يدفع محور الغشاء إلى أسفل أيضاً ليحرك الصمام ليضبط معدل الانسياب

ولعنصر التحكم النهائي بالهواء المضغوط تركيب بسيط ويمكن الحصول منه على قوة تشغيل كبيرة ويتميز بالأمان وسهولة الصيانة ، ولكن يعيبه ، أنه بطيء في أدائه عندما تكون المسافة كبيرة .

[٢] عنصر التحكم النهائي الهيدروليكي

بشكل عام ، تستخدم أسطوانة هيدروليكية كآلية تشغيل لعنصر التحكم النهائي الهيدروليكي وهو يتسم بسهولة التركيب ، وبقوة تشغيل كبيرة وسهولة في الصيانة ولا ينتج عنه إعاقة في الانتقال كما في حالة نظام الهواء المضغوط . وعيوبه هي أنه يحتاج لماسورتين هيدروليكيتين للذهاب والعودة ، كما أن المسافة محدودة ويبين الشكل ٩-٢٨ عنصر تحكم نهائي هيدروليكي يستخدم صماماً دليلاً واسطوانة هيدروليكية

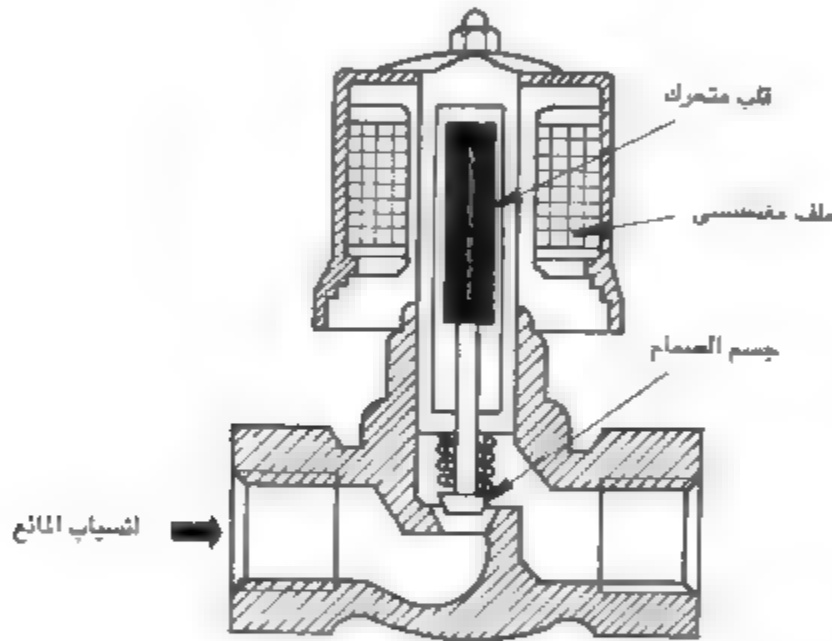


الفرقة تساوي حاصل الضرب بين (ضغط هوا .
 إشارة التشغيل) و (المساحة الفعالة للمشاة) ،
 ويعمل رد فعل اليائي على المحافظة على وضع متزن ،
 بحيث يكون ضغط الهواء الذي يؤثر على المشاة
 متناسبا مع ازاحة عمود الصمام ، ويكون ضغط
 الهواء 0.2 الى 1.00 كجم قوة / سم²

الشكل ٢٧-٩ الصمام الغشائي Diaphragm Valve

[٣] عنصر التحكم النهائي الكهربائي

وتتمثل عناصر التحكم النهائي الكهربائي في المحركات ، وصمامات المحرك ، والصمامات ذات الملفات اللولبية فتستخدم الصمامات ذات الملفات اللولبية في حالة التشغيل ذي الوضعين ، وحيث تكون قوة التشغيل صغيرة . وتستخدم صمامات المحرك عند القيام بالأعمال P ، التي تتطلب قوى تشغيل كبيرة . وبين الشكل ٩-٢٩ الصمام ذا الملف اللولبي



عندما يمرّز وينفصل القلب المتحرك داخل الملف الكهرومغناطيسي
عن طريق تيار الإثارة ، يفتح ويقفل قرص الصمام المتقارن مع
القلب ، وبذلك ، فإن الصمام ذا الملف اللولبي يقوم بفتح وقفل
قرص الصمام

الشكل ٩-٢٩ صمام ذو ملف لولبي Solenoid Valve

هي نظام تحكم للمتابعة ، يتم إنشاؤه لمتابعة التغيرات العشوائية للقيمة المستهدفة باستخدام موقع الأجزاء واتجاهاتها ووضعها ، الخ.. كمتغيرات يتم التحكم فيها . وتستخدم اليت الموازنة في مجالات تطبيقية واسعة . وكما في الجدول ٩-٣ ، تستخدم اليات الموازنة مستقلة في التحكم في الات التشغيل وقيادة السفن . وتستخدم أيضاً كمركبت لعمليات التحكم والضبط الأوتوماتيكي . وعدد تصنيف اليات الموازنة تبعاً لعنصر الية التشغيل، يمكن أن تنقسم هذه الآليات إلى الأنواع الهيدروليكية والكهربائية وتلك التي تعمل بالهواء المضغوط (النيوماتية) .

النطبق	مثال ملموس
موارر ذاتي	القياس عن بعد ، مسجل بيان ، راسمة XY التحكم في الحدود الخارجية ... المخرطة ، ماكينة التفريز التحكم في الموضع مركز تشغيل ، ماكينة تنقيب
ماكينة تشغيل	
مشعل يدوي	المشعل الأوتوماتيكي (الروبوت)
حسم في حركة	التحكم ، الأوتوماتيكي في وضع السفينة و طائرته ، والتحكم في توجيه الصاروخ
التحكم لنهائي للتحكم في العمليات	صمام يعمل بالمحرك ، صمام بوعشاء ، التحكم في وضع الصمام لصمام ، التحكم في ضغط الزيت
تصنيفات أخرى	رادار متابعة (مواصلة)

الجدول ٩ - ٣ تطبيقات الية الموازنة

ويتميز النوع الهيدروليكي بسرعة الاستجابة ، وبأنة مدمج ، ولكنه ينتج خرجاً كبيراً
أما النوع الكهربائي ، فهو بطيء ، ولكنه يتفوق في الناحية الاقتصادية وسهولة التشغيل
بالمقارنة مع النوع الهيدروليكي . ويستخدم أيضا النظام الهيدروكهربائي المختلط بكثرة ،
عن طريق التعامل كهربائيا مع الإشارات وتوليد قوة دافعة هيدروليكية ، مستخدما مزايا
النوعين.

٩-٤-١ آلية الموازنة الهيدروليكية

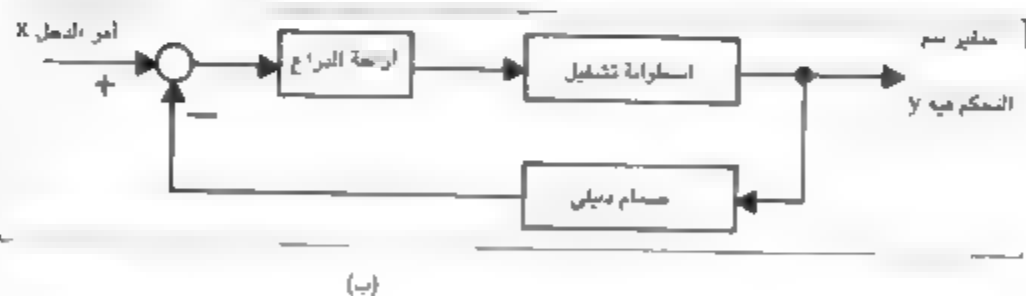
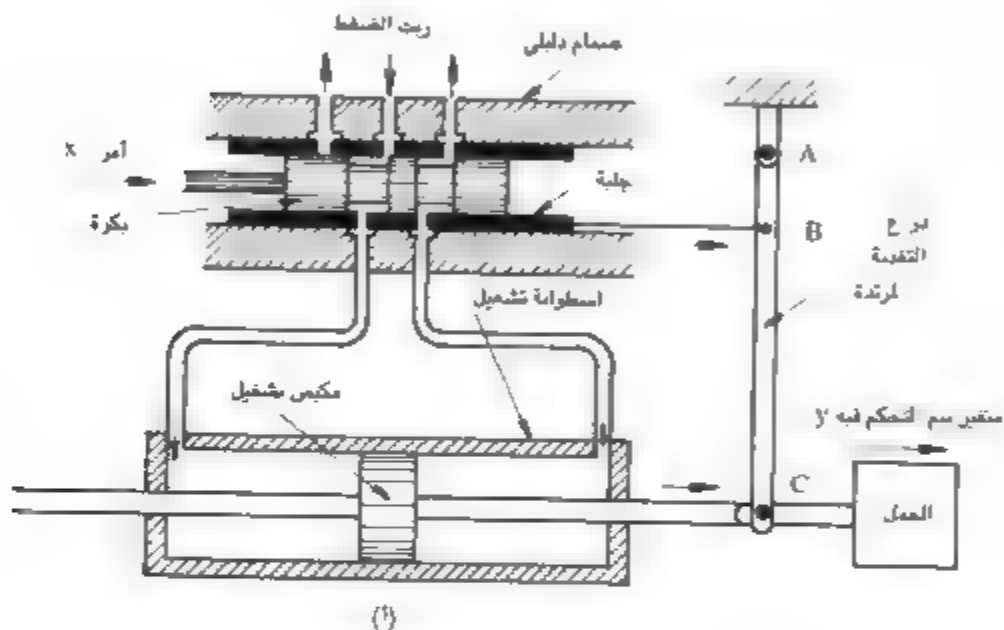
يبين الشكل ٩-٢٠ (أ) ، مثالا لآلية موازنة هيدروليكية . وفي الرسم التخطيطي ،
يكون المتغير الذي يتم التحكم فيه هو الموضع Y لحمل متصل مع مكبس تشغيل ، وتكون
القيمة المستهدفة هي الموضع X لمغزل ذي صمام دليلي . والفرض من هذا النظام هو
متابعة المتغير الذي يتم التحكم فيه Y بالنسبة للقيمة المستهدفة X

يبين الشكل ٩-٢٠ (ب) ، هذا النظام في شكل رسم تخطيطي وظيفي . وفي الحقيقة ،
يتم القيام بهذه الأعمال بسرعة ، إلى حد بعيد .

وتنقسم آليات الموازنة الهيدروليكية إلى النوع ذي الصمام الدليلي ، والنوع ذي أنبوبة
الحقن ، والنوع ذي الفوهة - القلاب ، والنوع ذي صمام الموازنة وأنواع أخرى

وصمامات الموازنة التي تستخدم بكثرة في آليات الموازنة الهيدروكهربائية تقوم
بتشغيل صمام دليلي عن طريق إشارات كهربائية . ويبين الشكل ٩-٢١ ، تركيب صمام
الموازنة

عندما يتحرك وضع بكره الصمام الدائلي إلى اليمين مسافة X ، تتحرك بكره الصمام الدائلي مسافة X بخطي يمين يبقى الحمل مستقرًا ، ويساب الزيت في العربة ليسرى لاسطوانة لتشفير ، فيتحرك مكبس التشغيل الى اليمين ، وبهذا تتحرك ذراع التقدية المرتدة إلى اليسر باستخدام A كمحور زنكار ، وتتحرك الجبهة إلى اليمين لإيقاف اسباب الزيت حتى يصبح الحفير الذي يتم التحكم فيه مناسب مع القيمة المستهدفة X



الشكل ٩-٣٠ آلية مازرة هيدروليكية (صمام دليلي) Guide Valve

٩-٤-٢ آلية الموازنة الكهربائية

تستخدم آلية الموازنة الكهربائية محركاً في جزء آلية التشغيل، وتستخدم مكبر قدرة لإدارة المحرك ويبين الشكل ٩-٢٢، مثلاً لآلية موازنة كهربائية

وفي الرسم التخطيطي ، تكون زاوية الدوران θ_1 لليد الموجودة على الحافة اليسرى ، هي القيمة المستهدفة، وزاوية الدوران θ_2 للحمل على الحافة اليمنى هي المتغير الذي يتم التحكم فيه وتكون البوتنشيومترات P_1 ، P_2 من نفس النوع وهي عبارة عن محولات طاقة (زاوية / جهد) (مبدلات طاقة) للتحويل إلى جهود متناسبة مع θ_1 ، θ_2 . وتسمى المحركات DC موتورت موازنة .

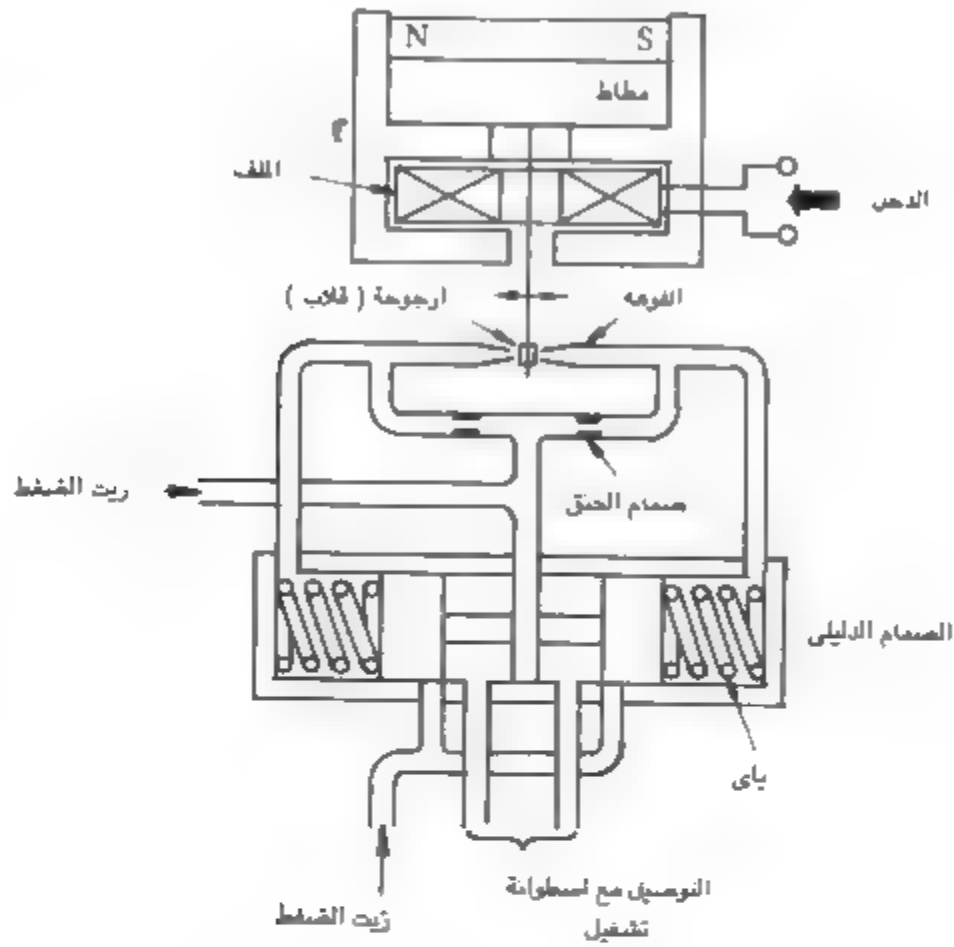
وتتماثل أساسيات عمل محركات الموازنة ومحركات الحث المستخدمة، بشكل عام. غير أنه ، يمكن بدء تشغيل وإيقاف محركات الموازنة كثيراً ، كما يمكن تشغيلها في حالة نطاق كبير من السرعات، بدءاً من سرعات منخفضة إلى سرعات عالية . ولمحركات الموازنة تركيب خاص لتناسب المتطلبات التالية

(١) يمكن أن يدور المحرك للأمام والخلف وتكون خصائص الإتجاهين متماثلة.

(٢) يمكن الحصول على دوران ناعم عند السرعة المنخفضة

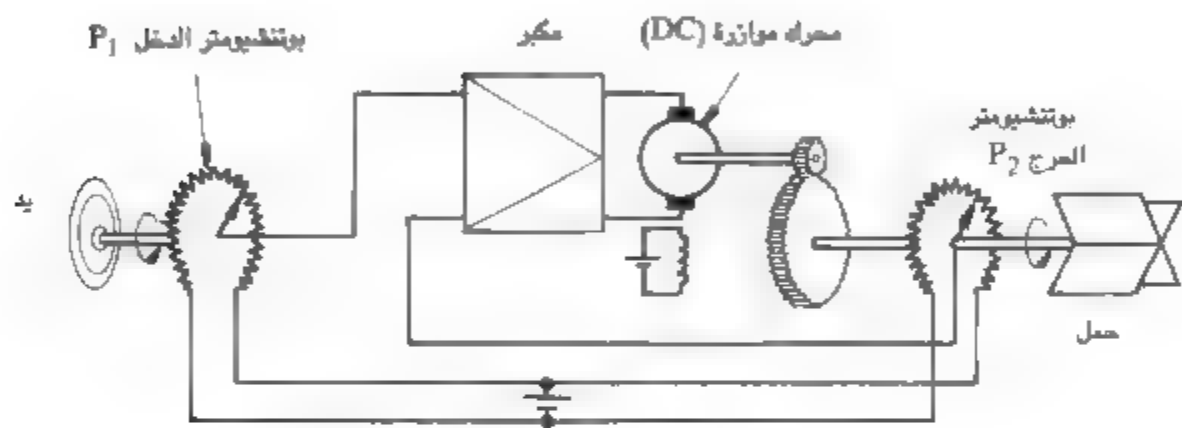
(٣) يمكن الحصول على تعجيل وتباطؤ بسرعة.

وتستخدم محركات الموازنة الـ DC ، والـ AC والمحركات النبضية كمحركات مناسبة لهذه الحالات .



يبين الجزء العلوي من الشكل الجزء الخاص بتحريك الأرجوحة عن طريق التيار وتثبت الأرجوحة من خلال مطاط . عندما تتحرك الأرجوحة إلى اليسار وإلى اليمين يمت يتناسب مع تيار الملف ، نقل كمية الزيت التي تنفث خلال إحدى الفوهات ، بينما تزيد في الفوهة الأخرى . وبهذا ينتج فرق في الضغوط الخلفية الأيسر واليمين داخل الصمام الدليلي . وتعمل الأرجوحة حتى تتزن القوة مع الياي . ويتم تغذية هذه الحركة إلى الجانب الأيسر وإلى الجانب اليمين لاسطوانة التشغيل

الشكل ٩-٢١ تركيب صمام الموازنة (السرفور)



إذا كانت زاوية الدوران للبوتمشيومتر P_1, P_2 متساويتين يكون الانحراف (فرق الجهد) مساوياً للصفر . ولا يدور المحرك (DC) وعند إدارة اليد بزاوية θ_1 ، يدور البوتمشيومتر P_1 زاوية θ_1 ، فينتج فرق جهد يتناسب مع الفرق في زاوية الدوران مع البوتمشيومتر P_2 ويتم تكبير هذا الفرق في الجهد لإدارة المحرك DC بحيث يدور الحمل بزاوية θ_2 تتناسب مع القيمة المستهدفة θ_1

الشكل ٩-٢٢ مثال لآلية موازنة كهربائية

[١] المحرك النبضي Pulse Motor

يسمى المحرك النبضي أيضاً بالمحرك التدريجي . وهو يستقبل إشارات نبضية رقمية ويحولها إلى حركة دورانية . فيدور المحرك بدقة بمقدار زاوية ثابتة لكل إشارة نبضية يستقبلها . وبهذا يمكن الحصول على زاوية دوران تتناسب مع عدد الإشارات النبضية

ويبين الشكل ٩-٣٣، التركيب والمنظر الخارجي للمحرك النبضي

ويتكون المحرك النبضي من عضو ساكن وعضو دوار . وكما يبدو في الشكل ٩-٣٣ (أ) ، يكون للقطب المغنطيسي في العضو الساكن قطبان في أوضاع متقابلة وعند إثارة العضو الساكن للقطب A ، ينجذب القطب المغنطيسي للعضو الدوار القريب من هذا القطب ليدير العضو الدوار ، ويتوقف في الموضع المقابل كما في الشكل وبعد ذلك ، إذا تم إثارة القطب B بدلاً من القطب A ، ينجذب القطب المغنطيسي الدوار بين C, B عن طريق القطب B ويبقى ساكناً في الموضع المقابل وبالمثل ، عند إثارة القطب C ، يدور العضو الدوار في نفس الاتجاه وينفس الزاوية .

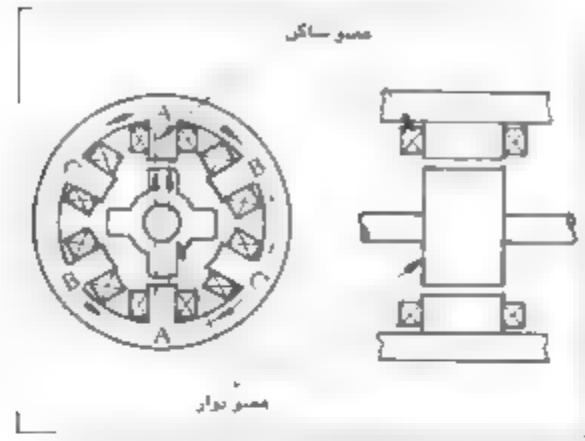
وعليه ، بتغيير تتابع الإثارة، يمكن إدارة العضو الدوار خطوة بخطوة وبالعكس تتابع الإثارة ، ينعكس الدوران ويتغير قطب الإثارة لكل إشارة نبضية يتم استقبالها ، يمكن إدارة العضو الدوار بنفس الزاوية

[٢] المحرك النبضي الهيدروكهربائي

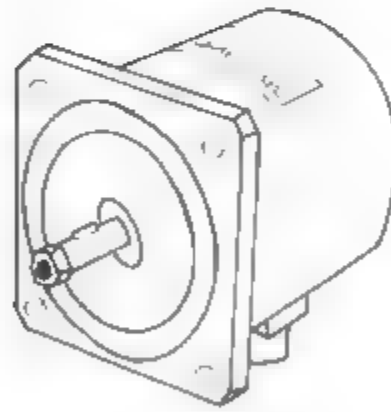
يستخدم المحرك النبضي الهيدروكهربائي محركاً نبضياً كهربائياً لتحويل نبضات الأمر إلى حركة دوران وكذلك يستخدم محركاً هيدروليكياً لتكبير قوة الدوران ولهذا تُستخدم المحركات النبضية الهيدروكهربائية في آلات التشغيل الكبيرة لإدارتها دون إعاقة

ويبين الشكل ٩-٣٤، أساسيات تشغيل النظام الهيدروليكي في المحرك النبضي

الهيدروكهربائي .

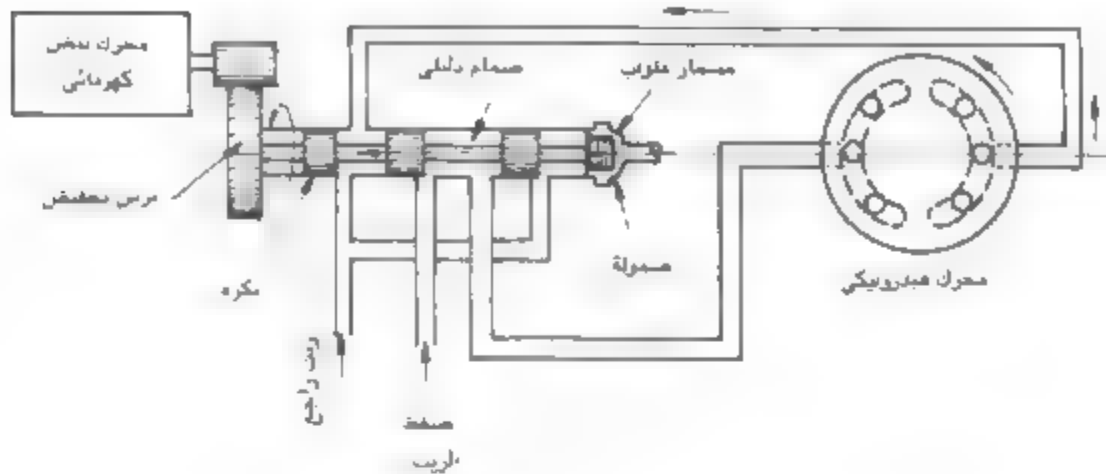


(٧)



(٨)

الشكل ٩-٢٢ المحرك التبخني



توصّل المكّرة وعمود الحرج من خلال مسمار مسنن وصمامة . وعند دوران المحرك النبضي الكهربائي بروتة تساوي وحدة الروابا ، ينتج فرق في الرواية بين المحرك النبضي وعمود الحرج وتُدور المكّرة ويتحرك من اليسار بمسافة تتناسب مع الفرق الزاوي عن طريق المسمار . وينقل زيت الضغط إلى المحرك الهيدروليكي لإدارة العمود ويدور محرك الهيدروليكي عند توقف المحرك النبضي الكهربائي فقط ، كما يحرك الصمامة مع المحرك الهيدروليكي عند هذا الوقت ، وذلك حتى تعود المكّرة إلى الوضع الأول بعد التحرك إلى اليمين .

الشكل ٩-٢٤ أساسيات تشغيل المحرك النبضي الهيدروليكي

٩-٤-٣ آليات الموازنة التناظرية والرقمية

Digital and Analogue Servo - mechanisms

إذا كان نوع الإشارات التي يتم تبادلها في آلية الموازنة رقمية ، تسمى الآلية بالآلية الموازنة الرقمية . وإذا كان نوع الإشارات تناظرياً ، تسمى الآلية بالآلية الموازنة التناظرية وتحقق آلية الموازنة الرقمية دقة واستقرار عاليين لا يتحققان عن طريق آليات الموازنة التناظرية التقليدية

وتستخدم اليات الموازنة الرقمية محركات تبضية وآليات الموازنة التناظرية محركات موازنة DC و AC .

وتؤدي ليات الموازنة عملية التحكم أساساً بالكشف عن الإزاحة مثل إزاحة الموضع والزاوية .

ويبين الجدول ٩-٤، أنواع وأساسيات كاشفات الموضع التناظرية ويتم تحويل الكميات التي يتم الكشف عليها عن طريق كاشفات إلى ضغوط ، جهود ، وتيارات ، الخ . وتستخدم الكاشفات المبينة في الجدول، أساساً، في آليات الموازنة . كما أنها تستخدم أيضاً كمركبات للتحكم في العمليات.

وبالمقارنة مع كاشفات الموضع التناظرية، تستخدم كاشفات الموضع الرقمية (المستخدمة في آليات الموازنة الرقمية) بكثرة في التحكم العددي وأغراض أخرى

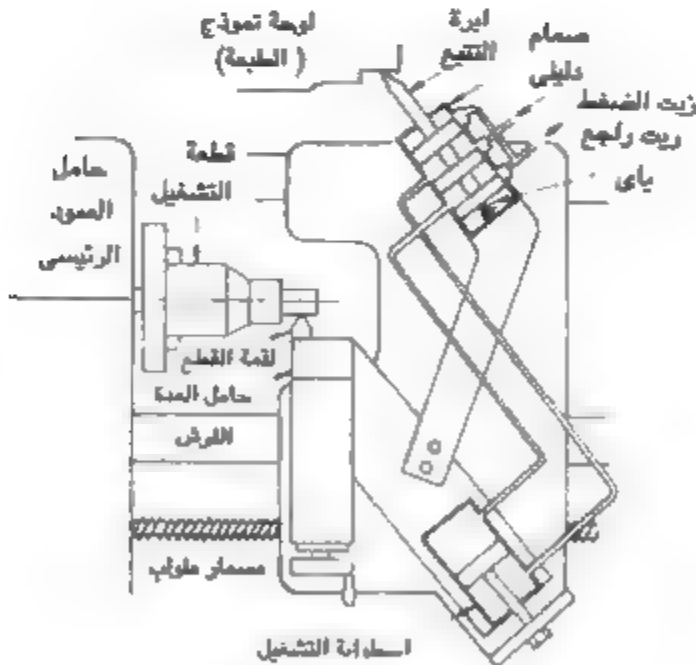
الأنواع	المبادئ
مقاومة متغيرة	تغير المقاومة الكهربائية عن طريق منزلقه متحركة
محول عرقي	تغير المعاوقة عن طريق وضع القلب الحديدي
نيوب ضوئي	تغير كمية الضوء عن طريق إنحراف شق طولي
مقياس إفعال ذو سلك مقاومة	تغير المقاومة الكهربائية للسلك بالتشوه

الجدول ٩-٤ أنواع وأساسيات الكاشفات

٩-٤-٤ أمثلة لآليات الموازنة

التحكم في عملية النسخ في حالة التحكم في النسخ في آلات التشغيل، تتحرك إبرة التسجيل على طبعة تم صنعها بالشكل المطلوب وتتحول الكميات التي تعطيها إبرة التسجيل إلى حركة محرك هيدروليكي أو آلية موازنة كهربائية للتحكم في موضع العدة . ويبين الشكل ٩-٢٥، مخرطة نسخ هيدروليكية كمثال للتحكم في النسخ

هذه مخرطة نسخ هيدروليكية تستخدم صماماً دليلاً، فيتغير مقدار الزيت الذي يدخل إلى اسطوانة التشغيل عن طريق الصمام الدليلي المتصل مع إبرة القتب ، الذي يدفع المكبس الثابت ليحرك الاسطوانة حركة متناسبة . وتثبت عدة مكملات للاسطوانة لتقطع نفس الشكل مثل الطبعة .



الشكل ٩ - ٢٥ التحكم في النسخ Copy Control

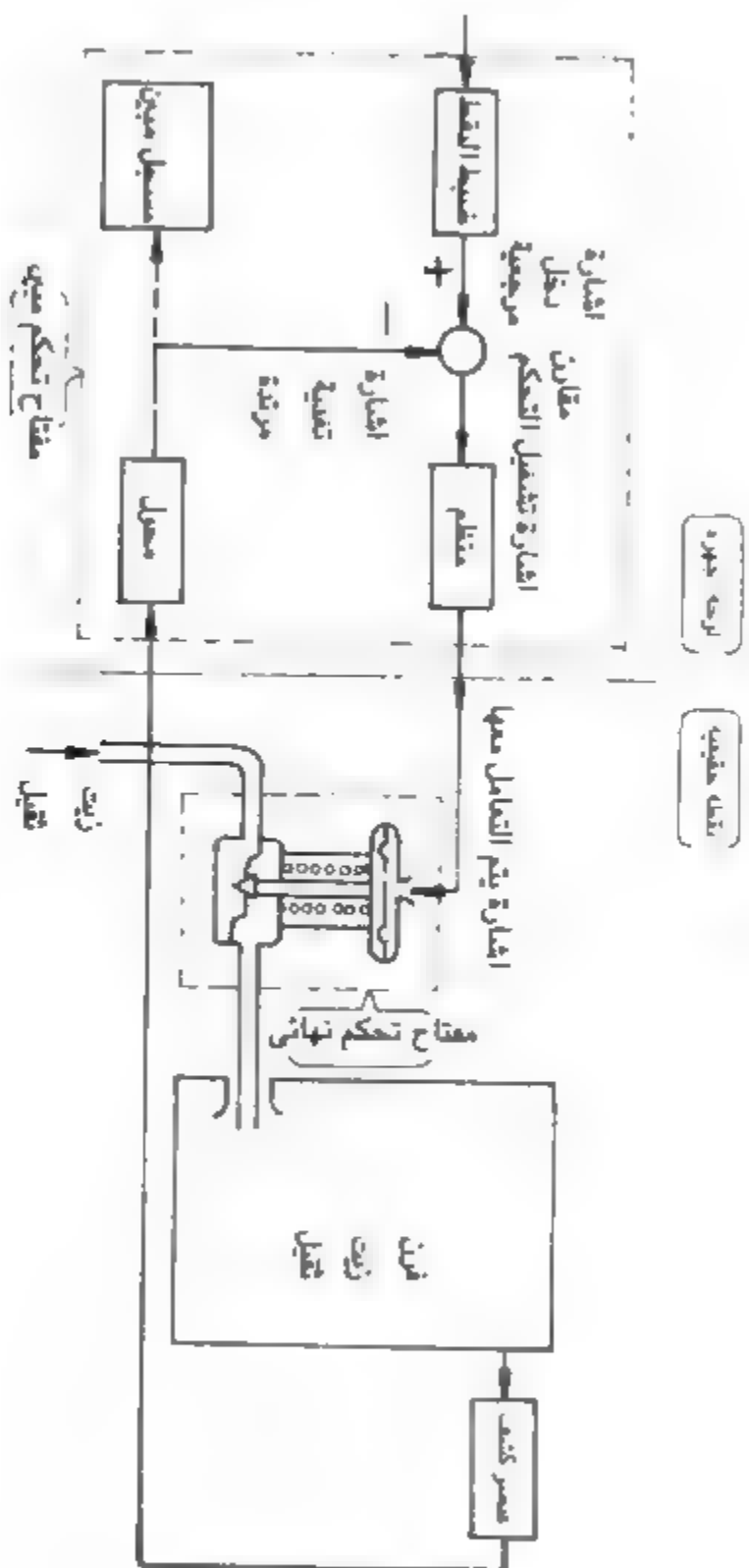
٩ ٥ التحكم في العمليات Process Control

لتحكم ذو التغذية المرتدة، الذي يستخدم في عمليات الإنتاج في المصانع الكيميائية والتكرورية عبارة عن عمليات تحكم. ويحدد أكثر ، تستخدم درجة الحرارة ، والضغط ، ومستوى لسائل وبنود أخرى كمتغيرات يتم التحكم فيها . وتكون استجابات التحكم في العمليات بطيئة ، بشكل عام، بالمقارنة مع أليات الموازنة .

ويبين الشكل ٩-٣٦، التركيب العام للتحكم بسيط في العمليات باستخدام التحكم في درجة حرارة فرن زيت ثقيل، كما في الشكل ٩-١، كمثال

وفي التحكم في العمليات ، تُبنى غرفة للتحكم، تتركز فيها أجهزة القياس مثل مفاتيح التحكم بعيداً عن الأجهزة الموجودة في الحقل (الموقع).

وتتضمن غرفة التحكم الأجزاء التي تناظر المخ للقيام بالتحكم



الشكل ٩ - ٣٦ الشكل العام للتحكم في العمليات

تمريـنات

١ - من بين المعدات الموجودة في المنزل ، اذكر أمثلة لتطبيق التحكم الأوتوماتيكي ،
وقم بتصنيفه إلى تحكم متتابع أو تحكم ذو التغذية المرتدة.

٢ - في الأمثلة التالية للتحكم ، اذكر إلى أى المجموعات تنتمي ، عندما يتم التصنيف
تبعاً لخصائص المتغيرات التي يتم التحكم فيها ، وتبعاً للقيم المستهدفة ؟

(١) عندما يتم المحافظة على المنتقى (المنتخب) عند درجة حرارة 38°C .

(٢) عند اختبار موضع طائرة بواسطة رادار .

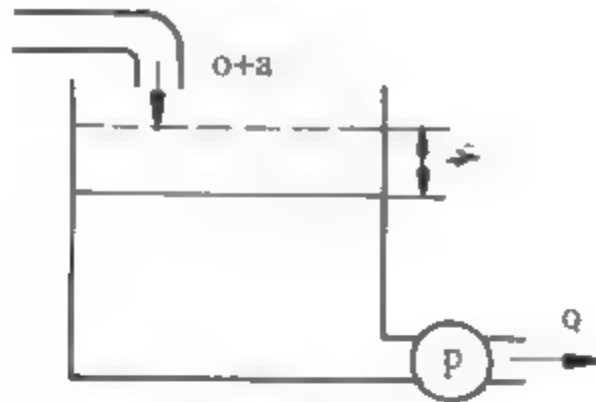
(٣) عند عمل نسخ بواسطة مخرطة ناسخة .

(٤) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل خزان في مصفاة تكرير بترول.

(٥) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل فرن في مصنع لإنتاج الصلب.

٣ - ركبـت مصـخـة P عند مخرج خزان بمساحة مقطع A (سم^٢) وتم إدخال كمية Q
كما هي الشكل ٩-٣٧. للمحافظة على كمية خرج مساوية لـ Q ، فإن رادت الكمية
الداخلية بمقدار q (ل/ث) عن الكمية الحالية ، ماذا سيكون التغير h في مستوى
الماء بعد t ثانية ؟ وبفرض أن q هي إشارة الدخل ، h هي إشارة الخرج ، فما
هو العنصر الذي تمثله هذه المعدة ؟

$$\text{(الإجابة : } h = \frac{1000q}{A} \text{ سم العنصر المكامل)}$$



الشكل ٩-٢٧ عنصر

٤- إذا كانت قوة الياي في العنصر المفاضل المبين في الشكل ٩-١٠ (أ)، قد تغيرت ، كيف ستتغير الاستجابة الخطوية ؟ وضح .

٥- تم القيام بعمل تناسبي باستخدام مفتاح تحكم بمدى قياس من صفر إلى 100° م . وتم القيام بعملية ضبط بحيث تصبح فتحة الصمام $3/4$ الفتحة الكاملة عند صفر $^\circ$ م. وبصبح $1/4$ الفتحة الكاملة عند 100° م . فما هي النسبة المئوية لنطاق التناسب في هذه الحالة ؟

(الإجابة : 200%)

٦- ف هو المدى الذي يسمح بالعمل التناسبي إذا تم ضبط نطاق التناسب على 40% في حالة مفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر $^\circ$ م إلى 500° م .

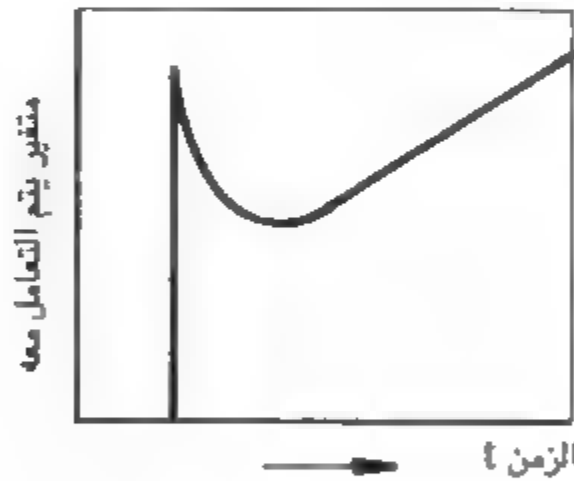
(الإجابة : 200 $^\circ$ م)

٧- اشرح أسباب حدوث الظواهر التالية :

(١) حدوث تغير دوري في عملية وصل/فصل

(٢) في العمل P ، يكون الانحراف ذو الحالة المستقرة صغيراً ، في حالة النطاق التناسبي الأصغر .

٨- يبين الشكل ٩-٢٨، المتغير، الذي يتم التعامل معه، للاستجابة الخطوية في العمل PID حل هذا المتغير إلى منغيرات يتم التعامل معها في الأعمال D, I, P



الشكل ٩-٢٨ متغير يتم التعامل معه

٩ - وضع الرسومات التخطيطية الوظيفية لمعدة التحكم الأتوماتيكي المبينة في الأشكال ٩-٢٢، ٩-٢٤، ٩-٢٥، باستخدام شكل ٩-٢٠ (ب) كمثال .

الفصل العاشر

التحكم الرقمي

DIGITAL CONTROL

١-١. التحكم الرقمي

١-١-١. الحاسب والإشارة الرقمية

Computer and Digital Signal

يحفظ الحاسب أساليب العمل في الذاكرة، ويقوم بإجراء طرق الحساب بطريقة صحيحة ، كما أنه يتعلم مقدماً، ويقوم باتخاذ قرارات سليمة ويحسب في وقت قصير للغاية فالأعمال المركبة (المعقدة) التي تستلزم حجماً كبيراً من العمل والوقت ، يمكن تأديتها بسرعه وبدقة . وتبعاً لكيفية استخدام الحاسب ، يمكن أن يستعمل في مجالات مختلفة في الحياة اليومية.

والتحكم الرقمي يعرف بأنه عمليات الحاسب التي تتحول معها جميع الإشارات إلى إشارات رقمية ، حيث يتم التحكم عن طريق الحاسب (ويسمى أيضاً التحكم بالحاسب) . وحديثاً ، تم استخدام التحكم الرقمي بكثرة في التحكم التتابعي والتحكم ذو التغذية المرتدة.

١-١-٢. خصائص الحاسب الدقيق

Characteristics of Microcomputer

بدأت فكرة الحاسب الدقيق مع تطوير الحاسبة المكتبية الالكترونية وأثناء عمية تعديل

وتحسين الحاسب والحاسب الدقيق يضم وحدة معالجة مركزية (CPU) تسمى المعالج الدقيق (Microprocessor) ، ووحدات ذاكرة ، وأجهزة تحكم في الدخل/الخرج على لوحة (كارت) نظام واحدة تسمى اللوحة الأم (Mother board) والحاسب الدقيق الخصائص التالية :

(١) مدى واسع للغاية من التطبيقات

ولا ينطبق ذلك على الحاسب الدقيق وحده ، ولكن هذه الخاصية تنطبق على جميع الحاسبات أيضاً فيمكن استخدامها في جميع المجالات غير أن الحاسبات الدقيقة لا يمكنها أن تقوم بعمل أي شيء بنفسها وتقوم الحاسبات بدورها ، فقط بعد استعمال تقنية الاستخدام ووظائف الآلات وتوافق المعدات.

(٢) صغير جداً

من خلال الـ IC (الدوائر المتكاملة) ، والتكامل على نطاق فائق السعة (VLSI) ، والتقنيات الأخرى ، أصبحت العمليات الحسابية وأجهزة الذاكرة فائقة الصغر، بما يسمح بتركيبها مباشرة على الآلات والمعدات ، (انظر الشكل ١٠-١) .

(٣) انخفاض التكاليف

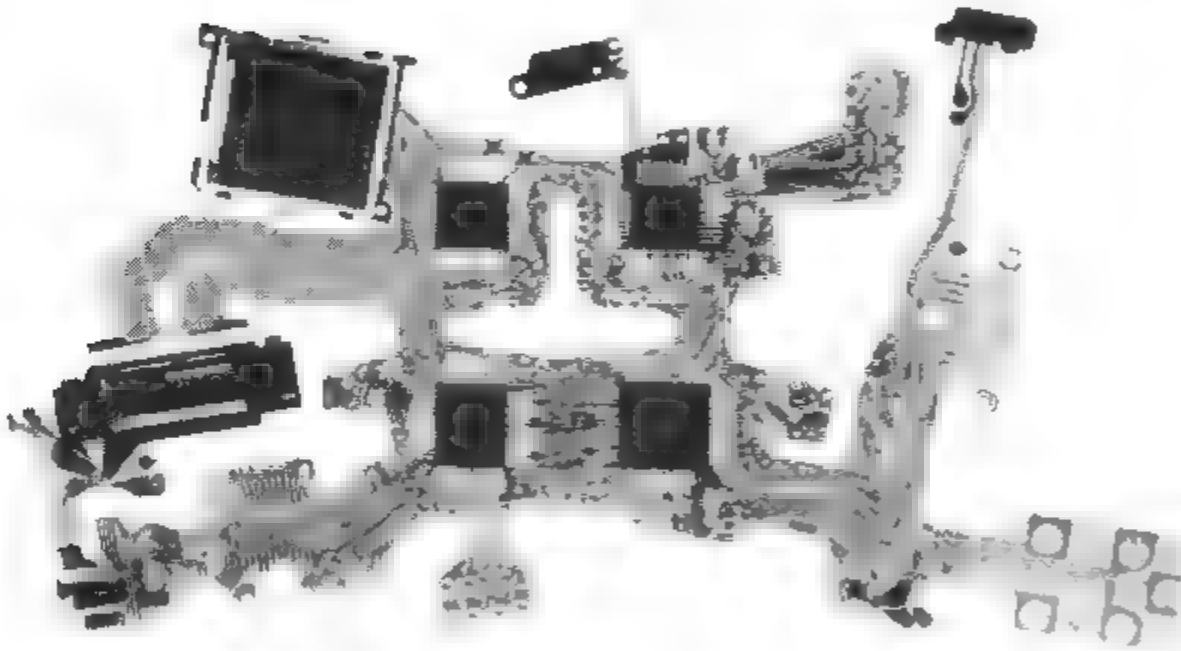
أصبحت التكاليف منخفضة نسبياً من خلال تقنية إنتاج أجهزة أشباه الموصلات المحسنة والإنتاج الكمي .

(٤) إمكانية القيام بالتحكم الأتوماتيكي المعقد

الحاسب الدقيق له سعة كبيرة للذاكرة ويمكنه أن يقوم بالعمليات بسرعة عالية ويمكن استخدامه في التحكم الأتوماتيكي في حالة عدة نقاط للدخل والخرج وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء عمليات حسابية معقدة .

(٥) إمكانية استخدامه كمعدة خاصة

الحاسب الدقيق عبارة عن جهاز عام غير أنه ، يمكن أيضاً أن يستخدم كمعدة خاصة، وذلك بإدخال برامج معينة في الذاكرة، من البداية ، لأداء عمل معين



الشكل ١٠ - ١ دائرة الكترونية لكاميرا ذات ضبط بؤري أوتوماتيكي
تحتوي على معالج دقيق

١٠- ١- ٣ آلية الحاسب الدقيق

يبين الشكل ١٠-٢ ، المكونات الأساسية للحاسب الدقيق



الشكل ١٠-٢ المكونات الأساسية للحاسب الدقيق

[٨] وحدة المعالجة المركزية (CPU) Central Processing Unit

وتتكون من وحدة العمليات الحسابية ، وفاق رموز الأوامر ، وعداد برامج ، ومسجلات ، ومركبات أخرى ، وهي تقوم بالتحكم في الحاسب بأكمله ، ووحدة المعالجة المركزية للحاسب الدقيق توجد علي رقاقة واحدة من أشباه الموصلات (VLSI) تسمى المعالج الدقيق Microprocessor

وتقوم وحدة العمليات الحسابية بعمليات الجمع والطرح الثنائية، (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢- الفصل العاشر) ، والعمليات المنطقية مثل (AND) و (OR) كهربائياً .

وفاق رموز الأوامر له كلمات خاصة بالتعليمات ذات علاقة بالحاسب الدقيق.وعند إعطاء أحد التعليمات ، يقوم بفك رمزها ويخرج إشارة تحكم تتوافق معها وتعمل المسجلات Registers ووحدة العمليات الحسابية وفقاً لهذه التعليمات،مثل إحضار البيانات والقيام بالحسابات بعد استقبال إشارات التحكم

ويقوم عداد البرامج بتخزين عناوين الذاكرات التي سيتم دراستها فيما بعد عند تنفيذ برنامج الذاكرة وتزيد قراءة العداد بواحد عند استقبال نبضات مرجعية من مذبذب كوارتز خارجي ،

ويحتفظ المسجل بالأوامر والبيانات بصورة مؤقتة

[٩] الذاكرة Memory

تتكون الذاكرة من RAMs, ROMs لتخزين البرامج الأساسية لتشغيل الحاسب الدقيق والبرامج الأصلية التي تحدد أساليب العمل والبيانات مثل الأعداد والحروف وتخصص أرقاماً لأجزاء الذاكرة ، بحيث يمكن أخذ البرامج والبيانات الأخرى بسهولة منها . وتسمى هذه الأرقام بالعناوين

[٣] أجهزة الدخل Input Devices

هي الأجهزة التي تستخدم لإدخال البرامج والبيانات إلى ذاكرة الحاسب الدقيق، وهي تشمل لوحة المفاتيح ، والأزرار الانضغاطية والمعدات الأخرى وتستخدم لمواصلة البنية Interfaces في توصيل الحاسب الدقيق بأجهزة الدخل والخرج ، كما تقوم بتوصيل المعدات ذات الأنظمة المختلفة للإشارات الكهربائية ،مع بعضها البعض.

[٤] أجهزة الخرج Output Devices

هي الأجهزة التي تخرج نتائج العمليات الحسابية للحاسب الدقيق أو البيانات المخزنة إلى الخارج وتشمل شاشات العرض ، والطابعات ، والمعدات الأخرى وفي التحكم الرقمي ، تخرج إشارات التحكم إلى ثنائيات باعثة للضوء ومرحلات وفي أجهزة الدكرة الاصفهه ، تخزن لبرامج والبيانات في شرائط وأقراص مرنة Floppy Disks باستخدام مسجل كاسيت أو وحدة أقراص مرنة .أو صلبه Hard disk ويمكن أخذ البرامج والبيانات إلى الخارج واستخدامها عند الطلب أو تخزينها على القرص الصلب (HD).

١٠-٢ أساسيات الحاسب الدقيق

١٠-٢-١ الإشارة الثنائية Binary Signal





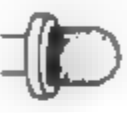



يُناظر "0" ، "1" في الإشارات الرقمية ، حالة "إطفاء" ، و "إضاءة" مصباح كهربائي، على سبيل المثال والإشارات التي تُعبّر عن معلومتين كما في هذه الحالة ،تسمى

إشارات ثنائية (بت) (Bit) . ويتم تداول الإشارات الثنائية (0 أو 1) كقل وحدة معلومات داخل الحاسبات، وتسمى كل واحدة منهم « بت » Bit . والمعلومات مثل الأعداد والحروف والتي يتم التعبير عنها بواسطة ثنائيات مستمرة تسمى بايت Byte . ويتكون كل بايت من ثمانية (بتات) . ولأجهزة الذاكرة في الحاسب ترتيبات تستخدم بايت واحدة كوحدة . وكل وحدة من هذه الوحدات تسمى عنوان Address. (انظر الشكل ١٠ - ٣).









إذا ومص شايان باعثن للضوء (LEDs)، يمكن الحصول على أربع تجميعات للمعلومات مع ثنائيين ، كما هي الشكل ١٠-٤ . وإذا زاد عدد الثنائيات إلى 4 ، 8 ، ... ، يمكن الحصول على معلومات أكثر ، مثل تجميعة (2⁴) 16 ، تجميعة (2⁸) 256 ،

١٠-٢-٢ الرموز العشرية والثنائية Decimal and Binary Notations

نعر الرموز العشرية عن عشرة أنواع من الأعداد ، من صفر إلى 9، باستخدام العدد 10 كأساس . ونعر الرموز لثنائية عن نوعين من الأعداد هما صفر و1 ، باستخدام العدد 2 كأساس ، ويزداد عدد الأماكن .

وحدة المعلومات / النوع	ثنائية		وحدة المعلومات / النوع	ثنائية	
	0	1		0	1
الجهد			مفتاح		
ثنائي باحث للضوء			ترانزستور		
	إطفئ المصباح	إحتراق		قطع	مرور

الشكل ١٠ - ٢ طريقة التعبير عن الاشارات الثنائية

المعلومات	ثنائي باعث للضوء (LED)	البيان بواسطة	
		1	0
		0	0
		0	1
		1	0
		1	1

الشكل ١٠-٤ بيان ثنائيين (Two - Bits)

وعلى سبيل المثال ، فإن '1010' بالرموز الثنائية والعشرية، يكون له العلاقة التالية

[أرقام ثنائية]

$$\begin{aligned}
 1010_{(2)} &= \boxed{1} \times 2^3 + \boxed{0} \times 2^2 + \boxed{1} \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\
 &= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 \\
 &= 8 + 2 = 10_{(10)}
 \end{aligned}$$

[أعداد عشرية]

وفي الرموز العشرية ، توزن الأعداد 10^0 ، 10^1 ، 10^2 ، بدءاً من الأماكن الأقل، بينما في الرموز الثنائية توزن الأعداد 2^0 ، 2^1 ، 2^2 .

وتتميز الأعداد العشرية والثنائية بوضع رمز سفلي ، أو دليلي (10) و(2) بعد الأعداد ، على التوالي

١٠. ٢-٣ الأرقام العشرية والثنائية والسداسية العشرية

Decimal , Binary and Hexadecimal Digits

[١] التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية

عند التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، تتم قسمة الرقم العشري المعطى على اثنين ويتم حساب المتبقي كل مرة، ويتم الترتيب بالتتابع ، بدءاً من الأماكن الأقل

مثال ١

حول الرقم العشري 12 إلى أرقام ثنائية.

	12	0	المتبقى
2)	6	0	<div style="text-align: center;">↓ ↓ ↓</div>
2)	3	1	
2)	1	1	
		1 1 0 0	

ولهذا فإن

$$12_{(10)} = 1100_{(2)}$$

[٢] التحويل من أرقام ثنائية إلى أرقام عشرية

كما في التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، يتم الحصول على حاصل ضرب الرقم (1، 0) في الوزن (2^n) في كل موضع من الأرقام الثنائية المعطاة ، ويحسب مجموعهم

[٣] الأرقام السداسية العشرية

باستخدام أربعة ثنائيات ، يمكن إعداد 16 تكوين من الأعداد 0000 إلى 1111 وكما في الجدول ١٠ - ١ ، تنظر الأعداد، الأعداد من صفر إلى 9 والحروف الأبجدية تقوم بالتعبير عن الأرقام السداسية العشرية والأرقام السداسية العشرية مناسبة لمعالجة المعلومات ذات الأربع ثنائيات ،

عشري	ثنائي	سداسي عشري	عشري	ثنائي	سداسي عشري
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

الجدول ١٠ - ١ التوافق بين الأعداد العشرية والثنائية والسداسية العشرية

مثال ٢

عبر عن 0111100011111010 ذي الـ 16 بتاتية في صورة رقم سداسي عشري.

$$\begin{array}{cccc} 0111 & 1000 & 1111 & 1010 \\ \hline 7 & 8 & F & A \end{array}$$

ولهذا، فإن :

$$0111100011111010_{(2)} = 78FA_{(16)}$$

(الرمز السفلي الدليلي (16) يبين الأرقام السداسية العشرية).

تمرين ١

حول الأعداد العشرية التالية إلى أرقام ثنائية وبالعكس .

$$10111_{(2)} \quad (٣) \quad 100_{(10)} \quad (٢) \quad 25_{(10)} \quad (١)$$

$$11010100_{(2)} \quad (٤)$$

تمرين ٢

حول الأرقام الثنائية التالية إلى أرقام سداسية عشرية وبالعكس

$$4C38_{(16)} \quad (٢) \quad 1011000111100011_{(2)} \quad (١)$$

١٠-٢-٤ الدائرة المنطقية Logic Circuit

داخل الحاسب ، تناظر الأرقام الثنائية 1,0 الحالات عند عدم تطبيق جهد، وعند تطبيق جهد ، على الترتيب وتشغيل وحفظ هاتين الإشارتين يسمى العملية المنطقية. والجبر الذي يعبر عنه بإشارات ثنائية يسمى الجبر المنطقي والدائرة المنطقية هي دائرة أليكترونية تعبر عن الجبر المنطقي ، وهي تشمل الدوائر التالية:

[١] دائرة (AND) (بوابة)

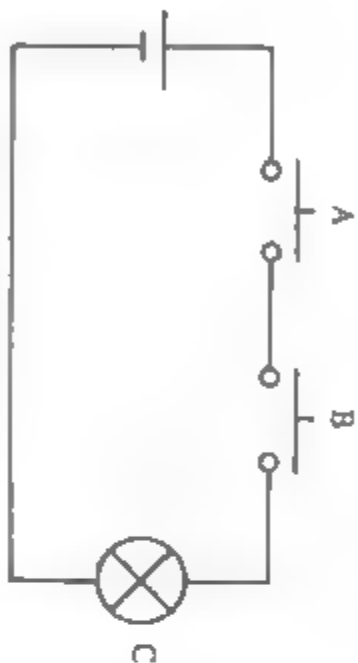
وهي دائرة للتأكد من حالة «إضاءة» أو «إطفاء» المصباح C عند توصيل مفاتيح لأزرار الانضغاطية A, B للملامس a على التوالي. كما في الشكل ١٠-٥ (أ). وعند لصعظ على A أو B فقط ، لا يضيء المصباح C . ويضيء المصباح C فقط عند الضغط على المفاتيح B و A في نفس الوقت .

والجدول الذي يبين العلاقة بين الدخول A, B والخرج C ، كما في الشكل (ب) ، يفرض أن الحالات التي يكون فيها المفتاح مضغوط وغير مضغوط هي "1" و "0" ، يسمى « جدول القيم المنطقية » (جدول الحقيقة) (Truth table).

وفي دائرة (AND) يعبر عن الجبر المنطقي بواسطة $C=A.(and)$ B، ويسمى الناتج المنطقي ويتضح الرموز المنطقية في الشكل (ج).

[٢] دائرة (OR) (بوابة)

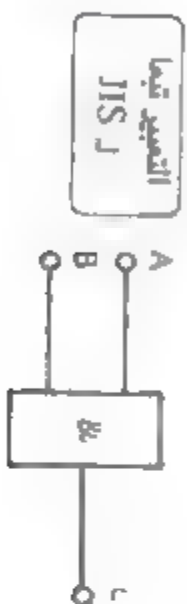
كما يظهر في الشكل ١٠-٦ (أ) ، فإن دائرة (OR) هي دائرة للتأكد مما إذا كان المصباح C مطفئاً أو مضاءً عند توصيل المفاتيح A, B للملامس a على التوازي ويضيء المصباح عند الضغط على أي من المفاتيح A أو B، أو عند الضغط على A, B في نفس الوقت



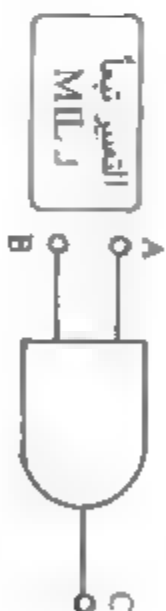
(١) دائرة (AND)

المدخل		المخرج
A	B	$C = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

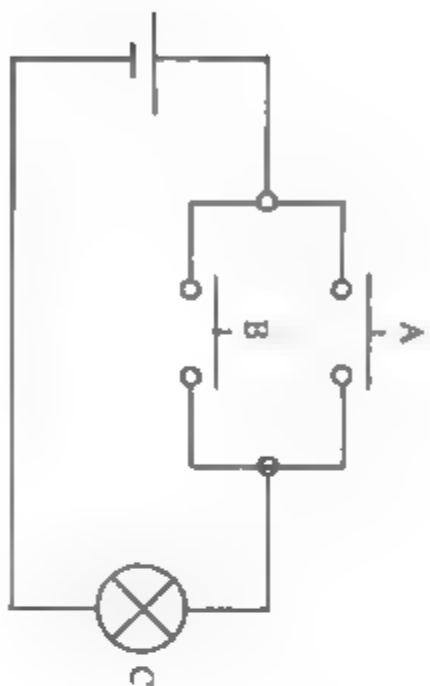
(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)



(ج) الرمز المنطقي



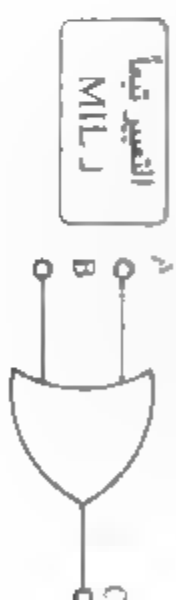
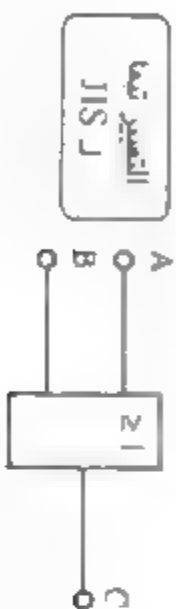
المشكل ١٠ - ٥ دائرة (AND)



المدخل		المخرج
A	B	$C = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(أ) دائرة (OR)

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)



(ج) الرمز المنطقي

الشكل ١٠ - ٦ دائرة (OR)

ويعبر عن الدائرة التي يكون خرجها C مساوياً لـ 1 ، إذا كان أي من دخولها A أو B أو A و B معاً في نفس الوقت مساوياً لـ 1 ، بالعلاقة $C = A \text{ OR } B$ وتسمى (OR) .

وتبين الأشكال (ب) ، (ج) ، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (OR)

[٣] دائرة (NOT)

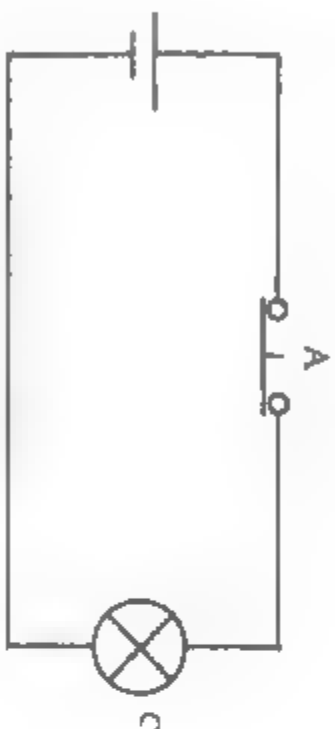
دائرة (NOT) هي الدائرة التي تستخدم مفتاح الزر الانضغاطي A للملامس b ، كما في الشكل ١٠ - ٧ (أ) ويكون المصباح C مضاءً ، ولكنه ينطفئ عند الضغط على المفتاح A ويكون للمفتاح والمصباح العلاقة (NOT) في هذا الوقت .

وتبين الأشكال ، (ب) ، (ج) ، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (NOT)

١٠-٢-٥ دائرة الجمع Addition Circuit

تبنى جميع الحسابات داخل المعالج الدقيق على أساس جمع الأرقام الثنائية وتجرى حسابات القسمة والضرب أيضاً بالتعويض عنهما عن طريق الجمع والطرح

وفيما يلي إضافة عدد ثنائي ذي موضع واحد يتكون من الحالات الأربعة التالية



(أ) دافئة (NOT)

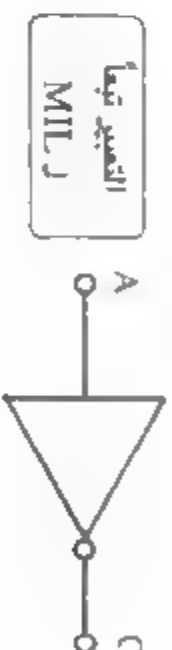
المدخل	المخرج
A	A C=A
0	1
1	0

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

(NOT A : A)



(ج) الرمز المنطقي



الشكل ٧ - ٧ دافئة (NOT)

A	0	0	1	1
B	+ 0	+ 1	+ 0	+ 1
CS المجموع	0	1	1	1 0
				↑
				(حمل)

ونتيجة جمع $1+1$ هي 10 . وقيمة نفس الموضع هي 0 ، وهي تبين أنه قد حدثت عملية حمل (ترحيل) مرة واحدة. وكسجة لهذا، يبين الشكل ١٠ ٨ ، الدائرة المنطقية ، وفيها الخرج S والحمل C .

وتسمى الدائرة التي تقوم بالجمع في هذه الحالة ، بدائرة الجمع النصفية. والحبر المنطقي لخرج S هو $(A.B)$. $S = (A+B)$ ، والجبر المنطقي للترحيل (لحمل) C هو $C = A.B$.

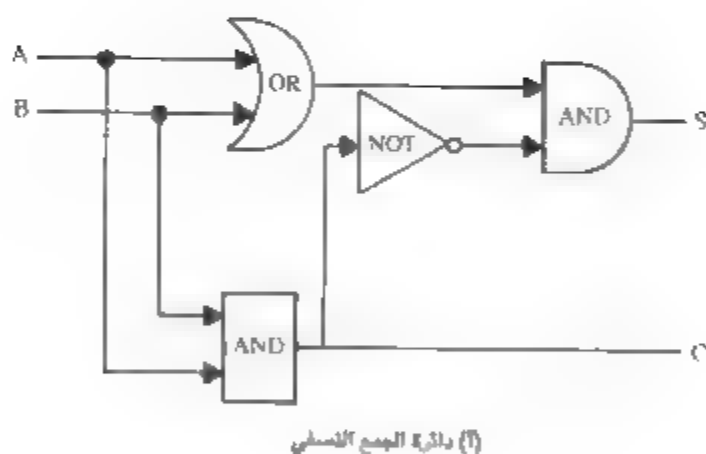
ويجب أيضاً جمع أرقام الترحيل (الحمل) . من المواضع الأخر ، وذلك لجمع أرقام ثنائية ذات أكثر من موضعين . ولذا ، يلزم وجود دائرة جمع بثلاثة أطراف دخول ، وتسمى هذه الدائرة دائرة الجمع الكامل .

١٠ ٣ مخطط سير العمليات Flow Chart

١٠-٣-١ رموز مخطط سير العمليات

يجب أن تعطى خطوات العمليات بالتفصيل عندما يُطلب من الحاسب أن يقوم بأداء عمل ما . ويقوم مخطط سير العمليات بتخطيط خطوات العمليات للتبسيط .

ويتم إعداد مخطط سير العمليات قبل عمل البرامج التي تحدد العمليات، وذلك لتوضيح العلاقات البينية للأوامر وتقليل أخطاء البرنامج



مخرج		مدخل	
C	S	B	A
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

الشكل ١٠-٨ دائرة الجمع النصفى Half - addition Circuit

الرمز	الاسم	المعنى
	نهاية / أو بداية	يبدأ البداية و النهاية والنقطة والإنقطاع
	استعداد	يبدأ لاستعداد بضبط القيمة الابتدائية والمعيير
	دور / خرج	يبدأ وظيفة إبحال المعلومات أو وظيفة إخراج المعلومات شسحين المعلومات التي تم معالجتها بالكامل
	إبحال متوحي	بعض إبحال المعلومات عن طريق لوحة المفاتيح ومفاتيح لأررر لإنصماءية يدوياً
	معالجة (عملية)	يغير عن جميع وظائف المعالجة
	حكم / تحقق من شرط	يعني الحكم لذي محدد أي لمسارت (من بين عدة مسارات) تُنفع ، أو يحدد عملية التفسير
	وشقه	يبدأ وظيفة الدخل والخرج لكفاءة وشقه
	عرض	يمثل وظيفة الدخل/الخرج لعرض المعلومات كصورة على جهاز العرض

إرجع إلى (JIS C 6270 - 1975)

الجدول ١٠-٢ الرموز الأساسية في مخطط سير العمليات

١٠-٣-٢ كيفية كتابة مخطط سير العمليات

يكتب مخطط سير العمليات الذي يبين ترتيب العمليات تبعاً لمتابع العمليات من أعلى إلى أسفل مع استعمال أسهم وتشمل مخططات سير العمليات مخططات سير العمليات الخطية بدون تفرعات، ومخططات سير العمليات التكرارية ، كما في الشكل ١٠-٩ .

وتتفرع مخططات سير العمليات التكرارية عن طريق إتخاذ قرار، بعد تنفيذ عدد N من التكرارات

١٠-٣-٣ تنفيذ العمليات Instructions

توضح الأشكال ١٠ ، ١٠ ، ١١ ، سريان (انسياب) إشارة محددة داخل الحاسب الدقيق عند تنفيذ عملية جمع .

١٠-٤ لغات البرامج Program Languages

١٠-٤-١ لغات البرامج

تسمى - بشكل عام - المعرفة اللازمة لاستخدام الحاسب بالكامل «البرامج» Software . والبرامج لغات ، وهي تمكن الحاسب من أن يفهم وأن ينفذ ما يطلب منه وفقاً للطرق المطلوبة للتنفيذ .

واللغات الرئيسية للبرامج هي كما يلي

مثال ٣

ارسم مخططاً انشائياً لحساب مجموع الأرقام من ١ إلى N

شرح

- ١ طرف مبين بداية البرنامج
- ٢- الإعدادات: $A \leftarrow 0$ ، $S \leftarrow 0$ ، N : إجمالي العدد و S : القيمة
- ٣ - الإدخال: أدخل العدد المتكرر N عن طريق المفاتيح

مثال: أدخل $N=3$

٤- أدخل $A+1$ إلى العدد أو في مجموع S ، وأضف

قيمة المرة الأخيرة S والعدد

٥- الإدارة عند التنفيذ : يضبط الزمن حتى N

٦- القرار : إذا كانت قيمة N أكبر من الصفر ($N > 0$) ،

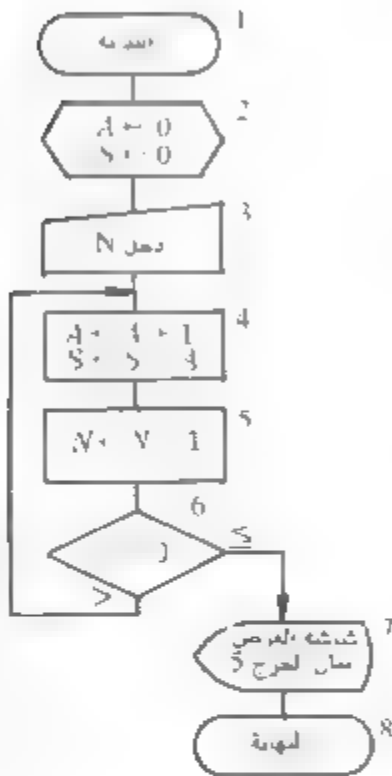
عالج نفس القيمة مرة ثانية وإذا كانت $N=0$ أو أقل ،

تكون بذلك النهاية

٧- الخرج : أخرج مجموع ما تم حفظه في الذاكرة على

شاشة لعرض

٨ طرف ينتهي بتفصيل البرنامج

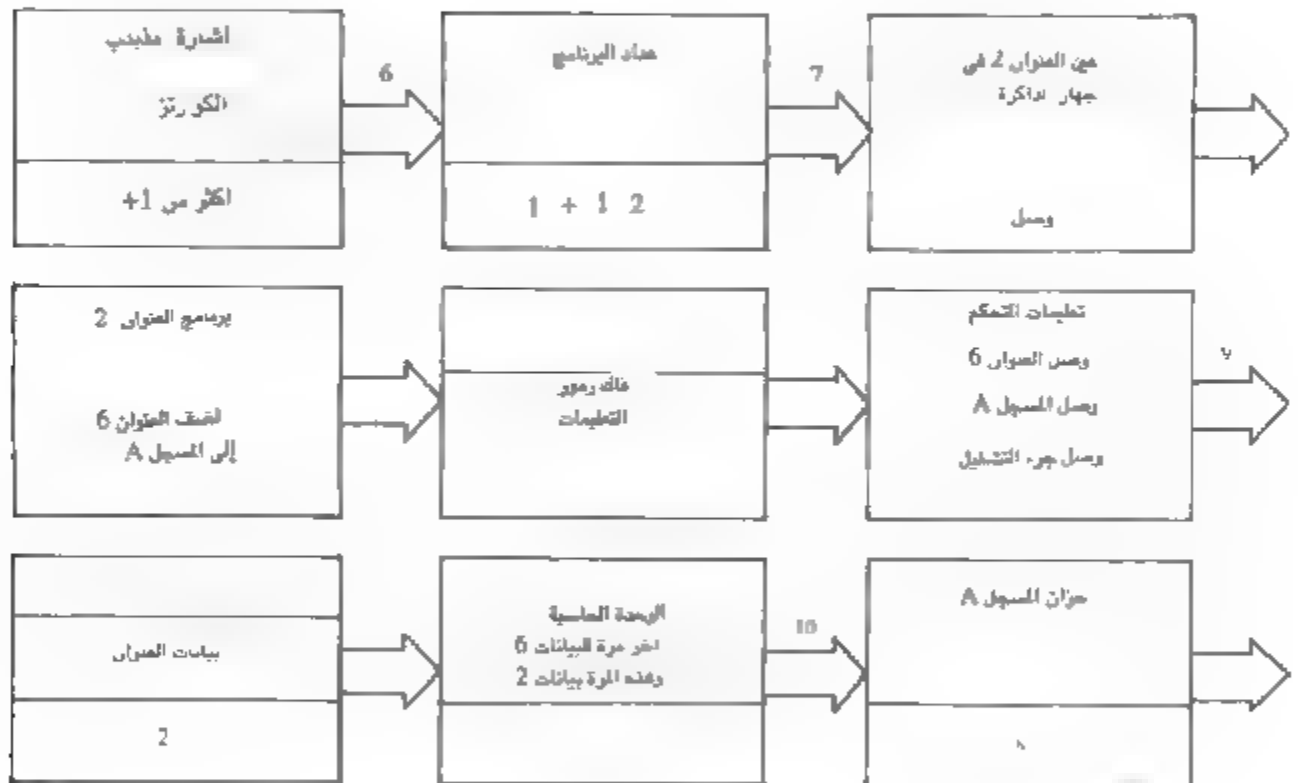


عملية استفسار (عدد يكون أكبر $N=3$)

المرحلة	القرار	قيمة N	قيمة S	قيمة A	عدد مرات
١	$N > 0$	3	0	0	بداية
٢	$N > 0$	2	1	1	١
٣	$N > 0$	1	3	2	٢
٤	$N = 0$	0	6	3	٣

الشكل ٩-١٠ مخطط سير العمليات التكراري

وملاحظة على ذلك ، تعاد نفس العملية من العنوان 3 البرنامج
 بإشارة +1 من المربان العلوي . وتسجل الإجابة 8 في
 العنوان 7 وتنتهي العملية التتابعية بإيقاف البرنامج عند
 العنوان 4 بأخر إشارة + 1



الشكل ١٠-١١ سريان الإشارة في الحاسوب الدقيق (ب)

(أ) لغة الآلة Machine language

وهي اللغة التي تمكّن الحاسب من أن يفهم مباشرة وبشكل عام ، هي تجميعات من الأرقام الثنائية 0, 1. وهذه اللغة معقدة وصعبة في التعامل معها ، ويلزم وجود مهارة لكتابة برامج بها ،

وعند التعامل مع لغة الآلة ، تقسم الأرقام الثنائية إلى مجموعات ، كل منها ذات أربعة أماكن ، بدءاً من المواضع الأقل ، ويتم التعبير عنها بالأرقام السداسية العشرية ، مثل

0 , 1 , 2 , , 9 , A , B , C , D , E , F

(ب) لغة التجميع Assembler Language

يمكن كتابة البرامج وتصحيحه بسهولة عند استخدام رموز ذات معاني بلغة واحدة للتعبير وتسمى هذه اللغة لغة التجميع ، وهي تناظر لغة الآلة بنسبة 1 : 1 ، (الشكل ١٠-١٢)

وهذه اللغة سهلة نسيها عند استخدامها ، وتستخدم لكتابة برنامج لغة الآلة قبل المعالجة وتستعمل هذه اللغة في الحاسبات الدقيقة ذات سعة ذاكرة صغيرة ، وفي حاسبات التحكم والبرامج التي تتطلب سرعة ،

(ج) لغة البيسك BASIC Language

وقد تطورت هذه اللغة كبرامج يمكن أن يتعامل معها أي شخص وهي تستخدم لغة انجليزية بسيطة ، وهي لغة مناسبة وتستخدم للتعامل بين الآلة والإنسان وعند تشغيل لغة البيسك ، فإن جملة واحدة خاصة بالتعليمات تتغير إلى عدة جمل من تعليمات لغة الآلة داخل المعالج عند تنفيذها ، وبهذا تكون سرعة المعالجة بطيئة.

والحاسب الدقيق الذي يُستخدم مع برامج أساسية لمعالجة لغة البيسك، ويكون مثبتاً معه شاشة عرض وطابعة يسمى، عادة ، الحاسب الشخصي

وتشمل اللغات الأخرى الفورتران ولغة السي C

وفي مقابل البرامج ولغاتها Software ، يسمى جهاز الحاسب نفسه بالمكونات المادية Hardware .

لغة الآلة	لغة الآلة	لغة التجميع
(الرموز الثنائية)	(الرموز السداسية العشرية)	
0 1 1 1 1 0 0 0	7 B (116)	L D ▲ B

هذا المثال يبين طريقة عرض التعليمات الخاصة بإرسال محتويات المسجل B إلى المسجل A في النموذج $\mu P Z-80$ للغة التجميع

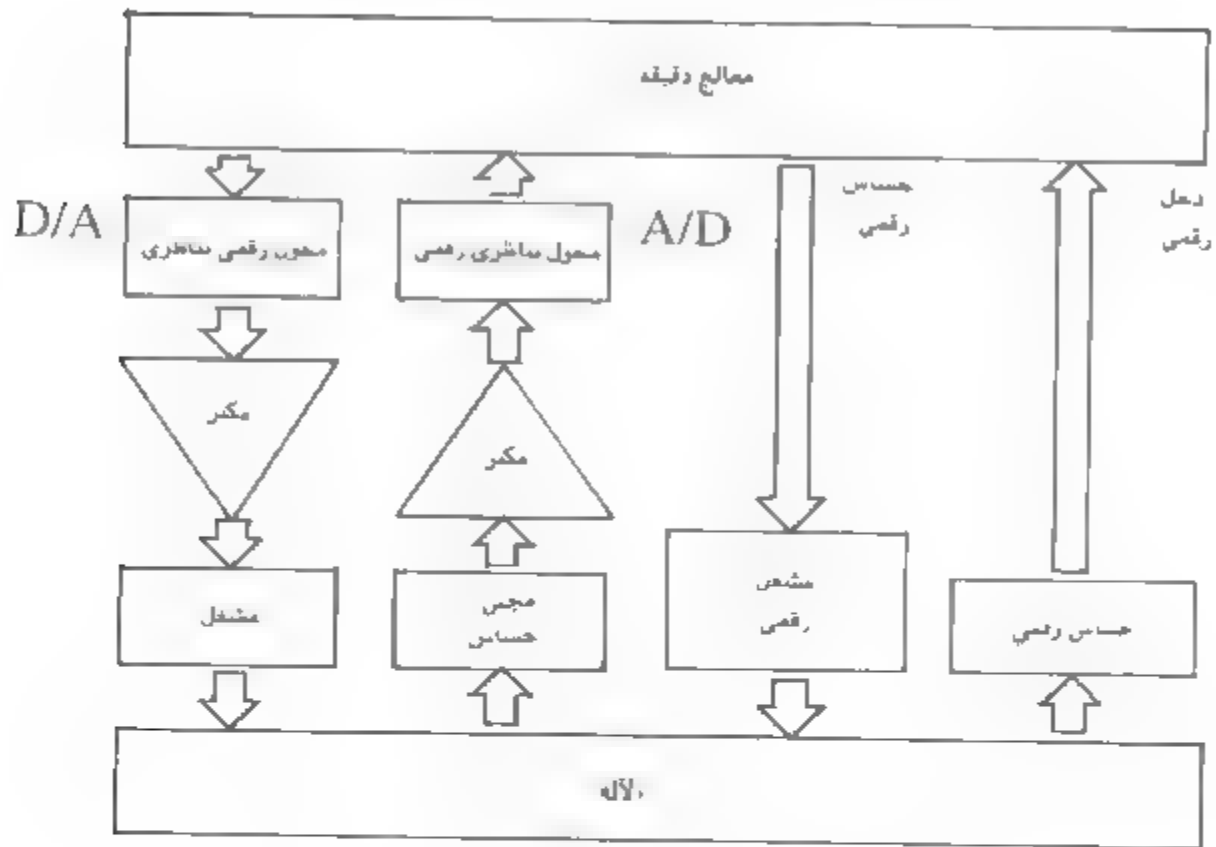
الشكل ١٠-١٢ مثال للغة التجميع

١٠ - ٥ تطبيقات الحاسب الدقيق

١٠ - ٥ - ١ التحكم في الآلة عن طريق معالج دقيق

يبين الشكل ١٠-١٢، نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق.

ويقوم الحساس بالكشف عن المعلومات من الخارج ،وهي أساس كميات طبيعية، ويحولها إلى إشارات فتظهر ككميات كهربائية . وعند استخدام المعالج الدقيق للتحكم الآلي ، يكون في غاية الأهمية أن ننتقي (نخار) مجسات مناسبة خاصة، وأن نقوم بتطوير المحسات Sensors ذات الحصائص الضرورية في بناء أنظمة التحكم .



الحساس يقوم الحساس بالكشف عن
كل وضع للآلة مثل : الازاحة - السرعة - العجلة - الضغط
درجة الحرارة - أي معلومات أخرى
مشغل رقمي : محرك خطوي
حساس رقمي : مشفر دوار - مفتاح حدى - الخ

الشكل ١٠-١٣ نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق

١٠-٥-٢ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح

دعنا ندرس طريقة التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح دقيق يعمل بجهد 5 فولت، وبتيار 100 ملي أمبير عن طريق معالج دقيق بين الشكل ١٠-١٤ الرسم التخطيطي الوظيفي لشكل الحاسب الدقيق

ويتم وضع البرنامج ، بحيث تصبح البوابة A (للمواعة البينية دخل/ خرج) بوابة دخل وتصبح البوابة B كبوابة خرج

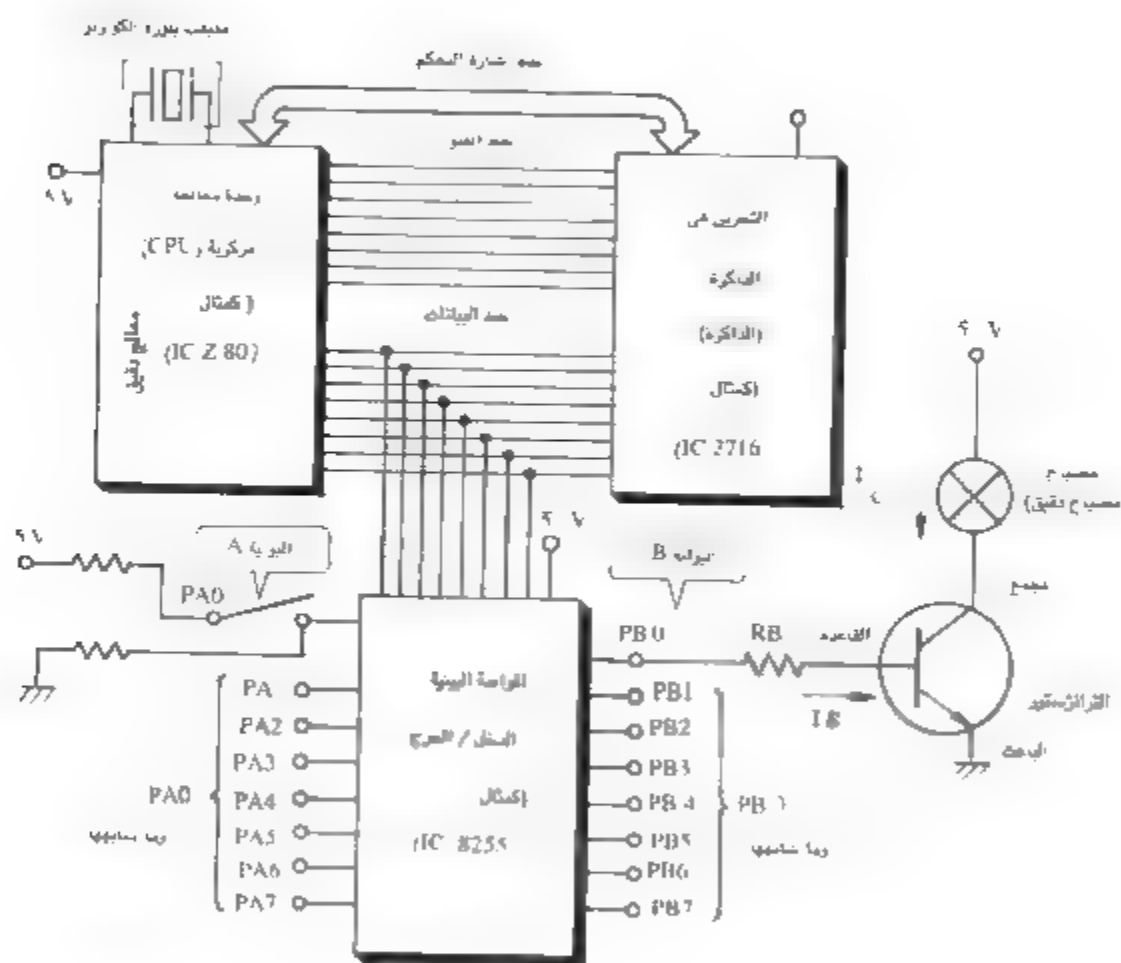
وبإجراء اختيار عشوائي للمفاتيح من PA0 إلى PA7 على جانب البوابة A ،وبتعيين عناوين في الذاكرة لتبديل وصل/فصل ، مع توصيل أسلاك إشارة التحكم إلى الذاكرة في حالة «كتابة» ، تكتب ثمان ثنائيات 10101010 وبنفس الطريقة ، تستمر كتابة البرامج والبيانات في أجهزة الذاكرة

بعد ذلك ، ينفذ البرنامج من العنوان المعين في الذاكرة وتكون كل ثنائية في البوابة B خرجاً ب 1 و 0 عند فواصل زمنية عشوائية فإذا كان الخرج 1 يخرج جهد 5 ، بحيث يطبق على قاعدة الترانزستور للحصول على حالة استمرار بين المجمع والباعث ويمر تيار I_C ، ويضاء المصباح الدقيق .

وللتحكم في خرج كل ثنائية للبوابة B ، توضع المعلومات اللازمة لتكون خرجاً للبوابة B في الثمان ثنائيات للمسجل A داخل وحدة المعالجة المركزية ثم يعطى الأمر الذي يكون خرجاً للبوابة B ، إلى الحاسب الدقيق عن طريق برنامج

وعلى سبيل المثال ، بوضع الأرقام الثنائية 00000011 والأرقام السداسية لعشرية 03 في المسجل A ، وبإخراجها إلى البوابة B ، تتم إضاءة المصباحين الدقيقين المتصلين مع PB_1, PB_0 .

ولإبقاء حالة الإضاءة لزمان معين ، يجب تكرار حسابات طرح 1 من عدد، داخل الحاسب حتى يصبح العدد صفراً .



الشكل ١٠-١٤ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح كهربائي

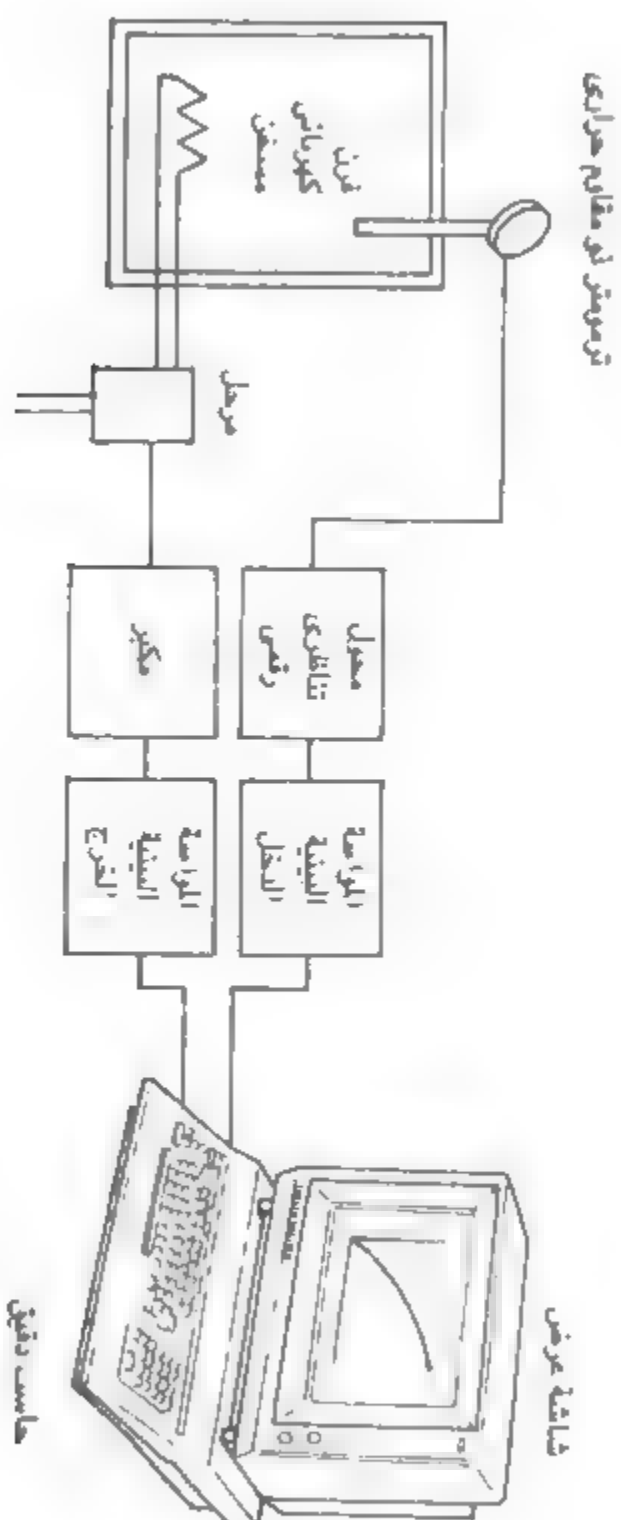
فعلى سبيل المثال ، بإدخال الرقم السداسي العشري FF في المسجل D داخل وحدة المعالجة المركزية، وبتنفيذ البرنامج ، يحدث تكرار عدة دورات مقدارها $255 = 16 \times 16 - 1$ (دورة) وبذلك تتم المحافظة على الزمن ويتحدد هذا الزمن بواسطة فترة مذبذب كوارتز

١٠ - ٥ - ٢ التحكم في درجة حرارة فرن Electric Furnace

كما يتضح في الشكل ١٠ - ١٥ ، للتحكم في درجة حرارة الأفران الكهربائية ، يتم قياس درجة الحرارة عن طريق مقاومات حرارية ومربوجات حرارية أو معدات أخرى ، وتؤخذ كإشارات مناظرية وتحول هذه الإشارات إلى إشارات رقمية عن طريق محول تناظري رقمي للمعالجة عن طريق الحاسب الدقيق

وتستخدم شاشة عرض أو طابعة كجهاز خرج لإخراج البيانات ، ويتم تكبير إشارات الحرج ، وتشغيل مرحل للتحكم في المسخن ، وذلك للتحكم بالتغذية المرتدة من خلال عمل التحكم (أعمال وصل/فصل ، PID) تبعاً لبرنامج الدخل

وبقياس درجة الحرارة بواسطة مقوم حراري ، تحدث عادة أخطاء بنسبة مئوية صغيرة في درجة الحرارة ، ولذلك ، يجب أن يتم معادلة الأخطاء في درجة الحرارة عندما يتطلب الأمر دقة عالية وتتم معادلة أخطاء درجة الحرارة مسبقاً عن طريق برنامج في حالة استخدام الحاسب الدقيق ،



الشكل ١٠ - ١٥ التحكم في درجة حرارة فرن كهربائي

١٠- ٥- ٤ التحكم في محرك سيارة Automobile Engine Control

يبين الشكل ١٠-١٦ ، ترتيب نظام التحكم في محرك سيارة عن طريق معالج دقيق

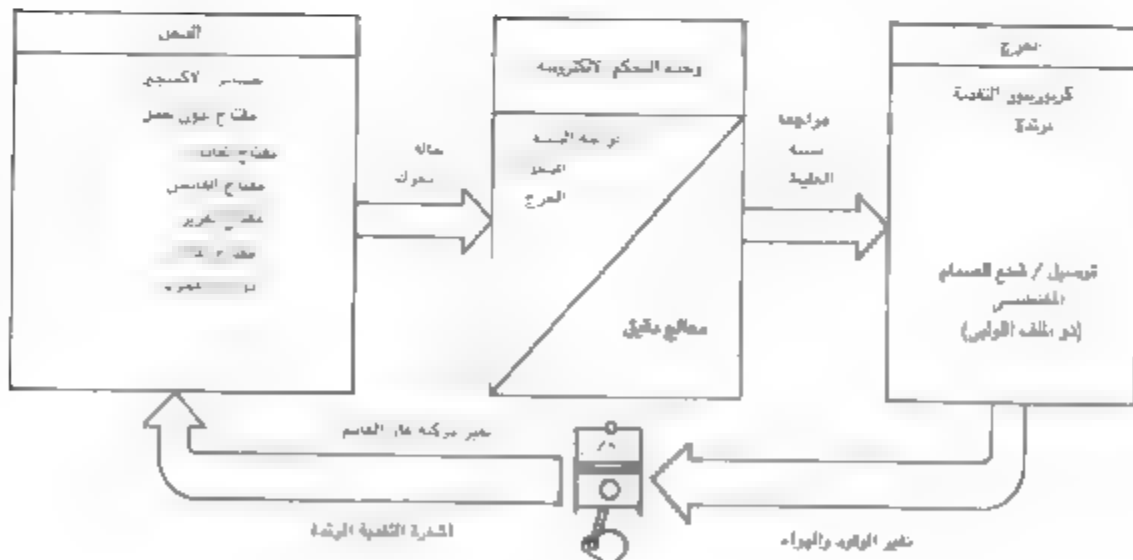
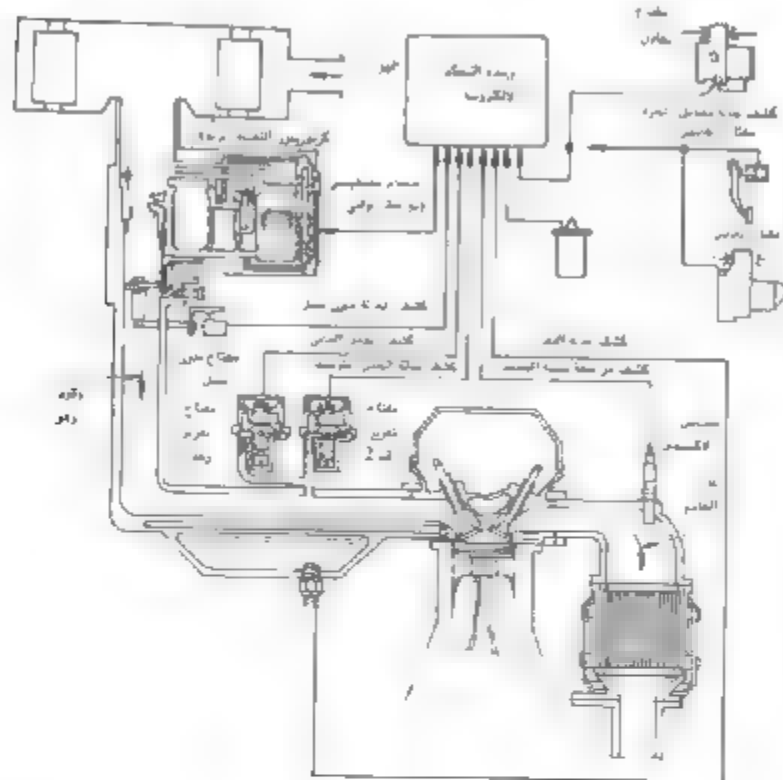
ولنظام التحكم كاشفات مختلفة للكشف عن حالة تشغيل المحرك ، وكثافة الأكسجين (O_2) في غازات العادم وبنود أخرى ، وكذلك وحدة تحكم الكترونية (تقوم بتكميل الموازنة البينية بين الدخل/ الخرج والحاسب الدقيق) تستقبل إشارات الدخل من الكاشفات ، وتحدد بدقة الكمية التي تعوض نسبة الخلط، وترسل إشارة خرج إلى الكربوريتر Car-burator ، وتقوم بالتغذية المرتدة إلى الكربوريتر، الذي يصحح نسبة الخلط بعد استقبال إشارة الخرج ،

ومع استقبال الإشارات ، يتحكم الكربوريتر في الحصول على نسبة الخلط النظرية بأعلى نسبة لنقاوة غاز العادم ، وذلك عن طريق فتح وغلق مسارات إضافية للهواء والوقود ويعطي هذا مثالا لاستخدام المعالج الدقيق كجزء خاص للقيام بعمل محدد

وقد تطورت أفكار مختلفة للتأكد من قيادة السيارات بأمان أكثر، وفي ظروف أكثر راحة ، وهنا ، يلعب الحاسب دوراً هاماً أيضاً .

وبالإضافة إلى التحكم في الأجهزة المنزلية الكهربائية ، فقد اتسع تطبيق المعالجات الدقيقة ليشمل الرويت الصناعي والأجهزة الطبية، والاتصالات، ومعدات المكاتب والتعليم، وخدمات المعلومات المختلفة وسيحقق الأداء المحسن للحاسبات الدقيقة والاستخدام المطور والمتقدم لتقنياتها زيادة في مدى التطبيقات إلى ما لا نهاية

يكتشف حساس الأكسجين كمية الأكسجين في غازات العادم ويحدد ما إذا كانت نسبة الخلطة خليطة أو سميكة أو
 لسيمة الخلطة النظرية. يكتشف مفاتيح عم الوقود / التمدد / التكهيف / التبريد / درجة حرارة الماء حالات التشغيل
 وحدة التحكم الإلكترونية مصادر نسبة الخلطة المسجلة من إشارات الحساس والأكسجين والحساسات الأخرى
 وترسل إشارات التصحيح الرضية إلى كرويهولر للتعديل المزدوج



الشكل ١٠-١٦ التحكم في محرك سيارة

١٠ - ٦ - الروبوت الصناعي

الروبوت هو أحد مجالات التحكم باستخدام الحاسبات الدقيقة ، التي تتقدم في الوقت الحالي بصورة خاصة . (في التصنيف الدولي لبراءات الاختراع، يعرف «الروبوت» على أن له وظائف عمل مبرمة تشبه وظائف الأجزاء المتحركة في الأجسام البشرية، وله وظائف ذكية تُمكنه من التحرك تبعاً لمطلبات الإنسان) ومن أنواع الروبوت تلك التي تُستخدم ، بشكل رئيسي، في المصانع لتحسين الإنتاجية وتوفير العمالة البشرية ويسمى الروبوت الصناعي

١٠ - ٦ - ١ - مكونات الروبوت الصناعي

كما يظهر في الشكل ١٠-١٧ ، فإن الروبوت الصناعي له وظائف تشبه الأطراف العلوية للإنسان، وهو مزود بيدي وأذرع ليمسك قطعة التشغيل

ويسمى هذا الجزء «المشغل ويتكامل مع وحدة لإدارة التي تقوم بتحريك اليد والذراع . ويستخدم ثلاثة مصادر لقوة المحركة، هي الهواء وضغط الزيت والكهرباء . ويجب وجود وحدة تحكم Controller لجعل الروبوت يؤدي الأعمال المختلفة . وهذا الجزء يباظر المخ السري . ويباظر «جزء الكشف» أعضاء الإحساس البشرية مثل العين ولايد من نواحيه ليتمكن مفتاح التحكم من أداء الوظائف المعقدة .

ويجهز الروبوت بأجهزة دخل وخرج لإعطاء لتعليمات بالقيام بالعمل، وفي بعض أنواع لروبوت يُستخدم دخل وخرج صوتي.

وبادراً ما يستخدم هذا الروبوت الصناعي مستقلاً. وتقريباً تستخدم كلها، ضمها إلى المعدات و لالات التي تقوم بالعمل . مثل آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، ومع المعدات المحيطة بها .

١٠-٦-٢ أنواع الروبوت الصناعي

يصنف الشكل ١٠ ١٨، الروبوت الصناعي على أساس عمليات المُشغّل . ويصنف الجدول ١٠-٣، الروبوت الصناعي على أساس معلومات الدخل والتعلّم (تعلّم ماذا يجب عمله ؟ وكيف ؟) .

١٠ - ٦ - ٣ التحكم في الروبوت الصناعي

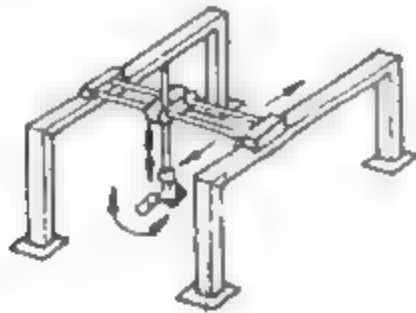
ولنأخذ مثالا لطريقة التحكم في الروبوت الصناعي باستخدام روبوت الاستعادة Playback Robots ، المستخدم كروبوت صناعي بكميات كبيرة حالياً .

في البداية ، يقوم الإنسان بوضع الروبوت في حالة تعلّم ويقوم ببرمجة العمل ، فتتحرك «اليد» إلى الوضع المطلوب ، بتشغيل المفتاح الموجود في صندوق التعلّم . وبالضغط على زر الذاكرة ، يتم تخزين المعلومات المختلفة عن العمل في المسار المبين في الشكل ١٠ ١٩ . وعندما يكون الروبوت في وضع العمل ، يكون في حالة استعادة Playback ، وتعطي إشارة بدء START فتتحرك اليد حسب البرنامج للقيام بالعمل . وأحد خصائص هذا التحكم هو تخزين البرامج المختلفة للعمل من أجل قطع تشغيل مختلفة

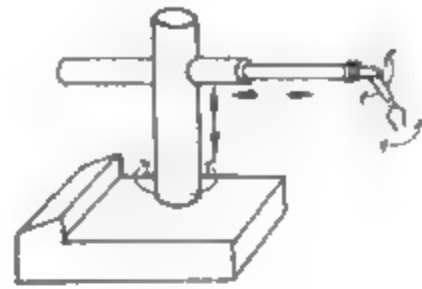
١٠ - ٦ - ٤ المجسات Sensors

تتأظر الحساسات الحواس الخمسة عند الإنسان، وهي تقوم بجلب المعلومات داخل وخارج الروبوت .

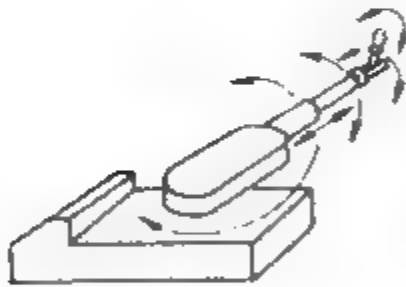
وتستخدم أنواع مختلفة من الحساسات في الروبوت الصناعي كما يظهر في الجدول ١٠ - ٤ .



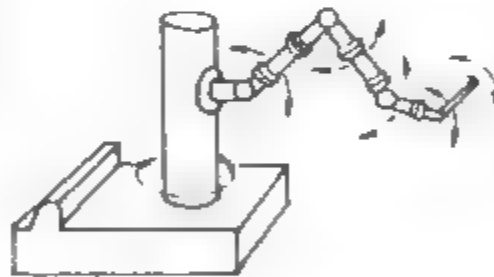
- ١ - روبوت احداثيات بزاوية قائمة
- سهل التحكم
- دقة عالية في التشغيل



- ٢ - روبوت احداثيات اسطوانية
- سهل التحكم
- دقة عالية في التشغيل



- ٣ - روبوت احداثيات قطبية
- مدى تشغيل كبير
- يحتاج الى تحويل الاحداثيات
والتحكم في الوضع



- ٤ - روبوت متعدد المفاصل
- توجد امكانية للاتصال المعقدة
- معقد وتوجد امكانية للتحكم
بدرجة عالية

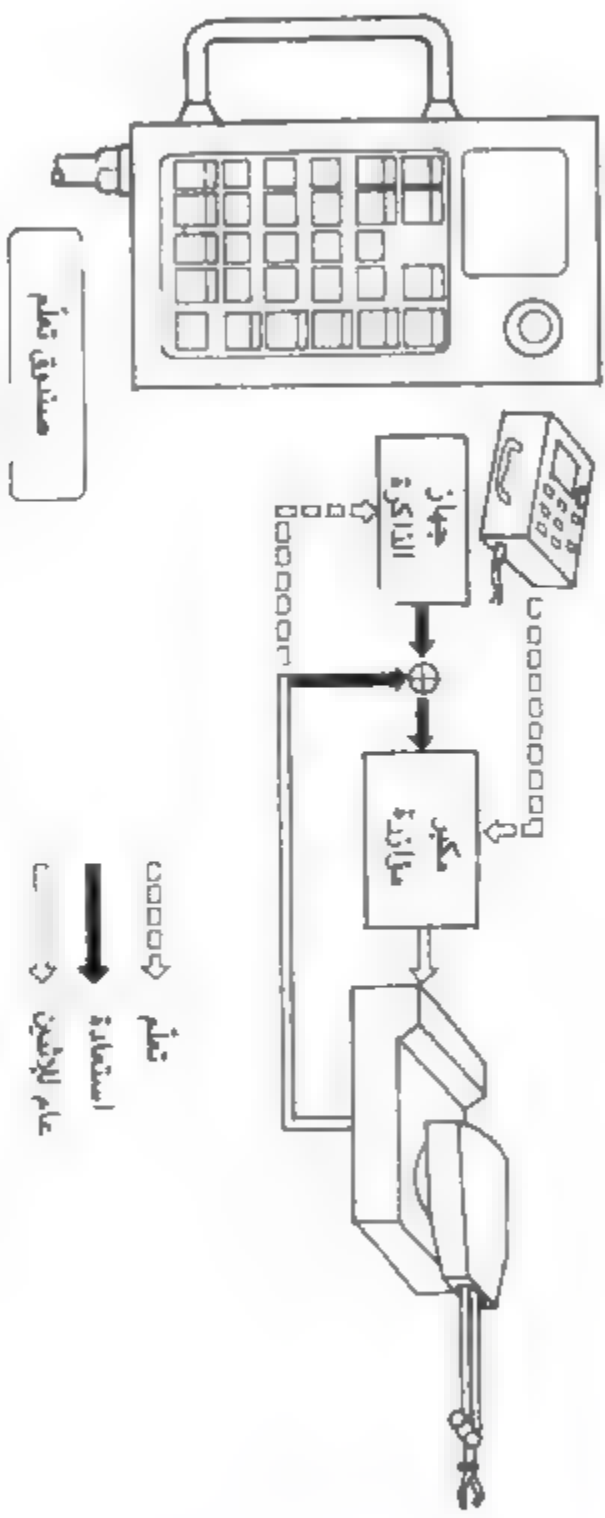
الشكل ١٠ - ١٨ تصنيف الروبوت الصناعي

على اساس عمليات المشغل

الاسم	التعريف
المُشغل اليدوي	مُشغل ينحكه فيه لإنسان
الريوت يتدبع ثابت	مُشغل يتقدم كل خطوات العمل بالنزاع معاً للنزاع المقرر وليس من السهل تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الريوت سماع معبر	مثل السابق ، ولكن يمكن تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الريوت سعة	يستطيع المُشغل أن يعيد العمل عدة مرات بقراءة ما يلزم وهو يحتفظ في الذاكرة بتتابع التشغيل ويؤمن الإنسان بالحكم في تحديد الموضع والمنحوتات الأخرى وشرح للعُشع
الريوت بحكم عدي	المُشغل الذي يستطيع أن يعمل بالانطيمات العديدة . ما هو التتابع والموضع والمنحوتات الأخرى ؟
الريوت ذكسي	الريوت الذي يستطيع أن يقرر الفعل الذي يقوم به ، عن طريق وظيفة حساس ووظيفة لهم

(أرجع إلى 1979 - 9134 B JCS)

الجدول ١٠-٣ تصنيف الريوت الصناعي على أساس معلومات الدخل والتعلم



الشكل ١٠ - ١٩ سريان اشارة 'التحكم في ربيت الاستعادة

الكمية الطبيعية	الحس	مثال للتطبيقات
الإضاءة	حساس ضوئي (تراانزستور ضوئي ، ثنائي ضوئي)	التعرف على الأجسام والمسارات
اللون	حساس ضوئي وكاميرا تليفزيونية ملونة مع مرشح للون	اختيار وتمييز الجسم عن طريق اللون
المسافة	شعاع ليزر وجهاز إحساس ضوئي ، مقياس صوتي، مفتاح دقيق ، مطاط موصل	تثبيت مسافة بعيدة ثابتة ، التحكم في الموضع
الشكل	كاميرا تليفزيونية	الحدود الخارجية للجسم ، تمييز الخصائص ، تمييز الجسم
القوة (الوزن)	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربياني إجهادي	التحكم في قدرة المسك ، اختيار الجسم عن طريق الوزن
الانزلاق	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربياني إجهادي	التحكم في القدرة على الإمساك
لصوت	ميكروفون	وجود الجسم

الجدول ١٠-٤ أمثلة لأنواع وتطبيقات المجسات

في الروبوت الصناعي

١٠ - ٦ - ٥ البرامج (لغات برمجة الروبوت)

Software (Robot Languages)

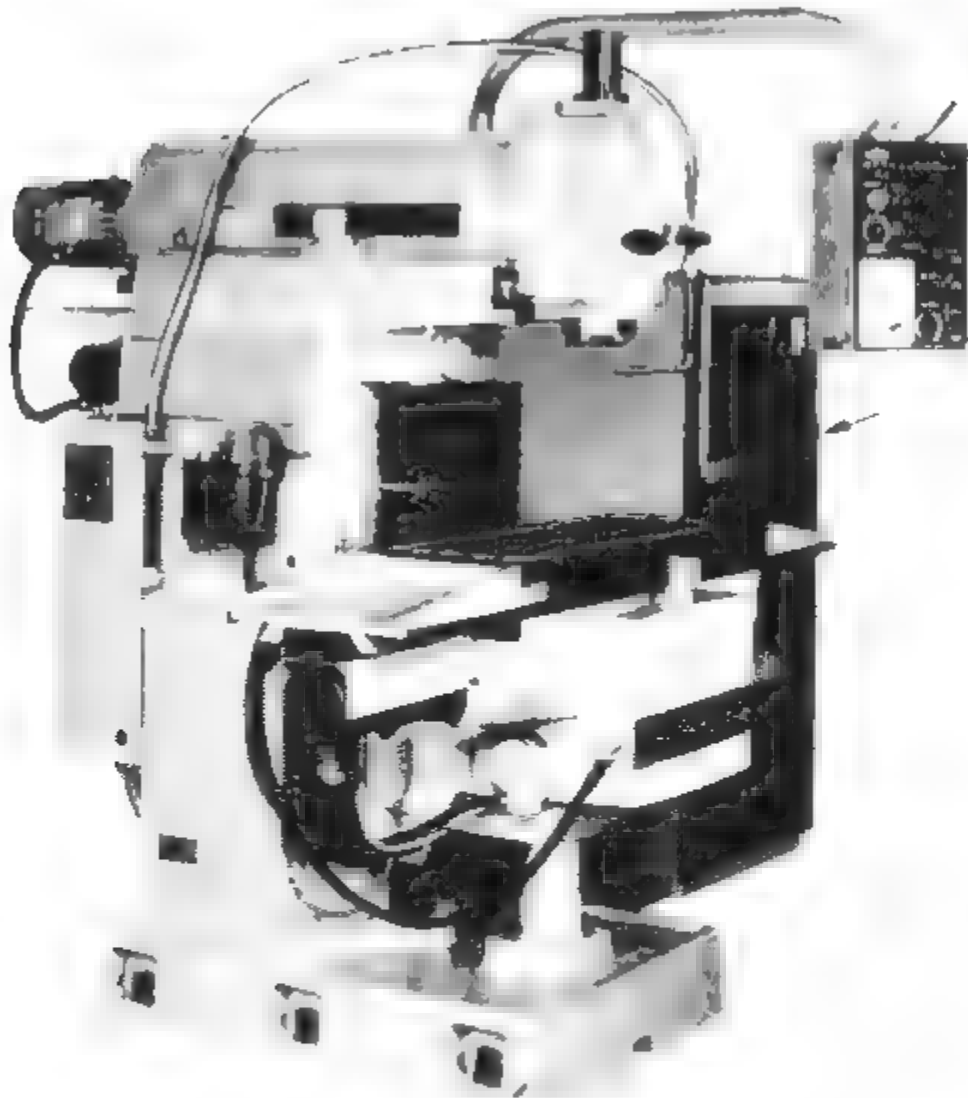
هناك حاجة للتحكم عن طريق البرامج باستخدام الحاسب لكي يرتبط الروبوت مع الأجهزة الأخرى ، ولكي يقوم الروبوت بضبط الأعمال المعقدة لتتناوب مع الحالات المختلفة تبعاً للظروف المحيطة به . ويستلزم هذا لغات للروبوت للقيام ببرمجة طرق العمل

ويمكن تقسيم هذه اللغات ببساطة إلى لغات مستوى الفعل ولغات مستوى الغرض وتحدد «لغات مستوى الفعل» كيفية تحريك «اليد» بالتتابع . بينما تشرح «لغات مستوى الغرض» كيفية تشغيل الأغراض (قطع التشغيل) ، بدون ذكر أفعال «اليد» واللغات التي يتم تداولها هي تقريباً من نوع لغات مستوى الفعل.

٨. ٧ آلات التشغيل بالتحكم العددي NC Machine Tools

معدة التحكم العددي (NC) هي معدة التحكم التي تعطى أوامر خاصة عن مواضع العدة بالنسبة لقطع التشغيل وبنود أخرى ، عن طريق إشارات رقمية مناظرة لها . (وقد تم اختراع التحكم العددي عن طريق بارسونز الولايات المتحدة سنة ١٩٥٢ . وبمعنى أصح ، كان يجب أن يسمى التحكم الرقمي (DC) غير أن ، الاسم «التحكم العددي (NC)» قد أخذ به تبعاً لتاريخ استخدام وتطوير آلات التشغيل) وتسمى آلات التشغيل التي تستخدم هذا النوع من المعدات - آلات التشغيل بالتحكم العددي ومعدات التحكم العددي التي تستخدم حاسب دقيق تسمى أجهزة (CNC) (التحكم العددي باستخدام الحاسب) وحالياً ، تقريباً جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، هي آلات تشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

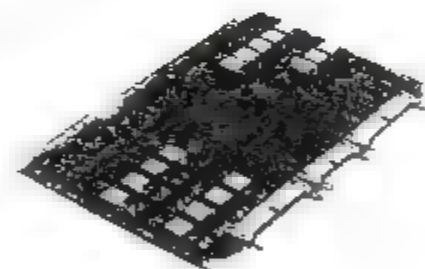
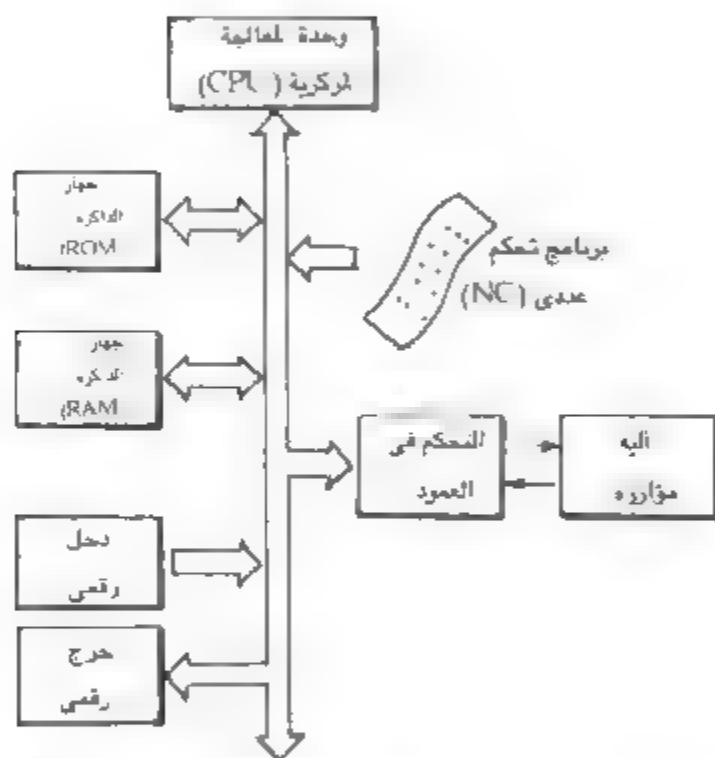
ويبين الشكل ١٠-٢٠ مثالا لآلة تشغيل بالتحكم العددي (NC)



الشكل ٢٠-١٠ ماكينة تفريز بالتحكم العددي (NC)

ويبين شكل ٢١-١٠ ، التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ومثال للوحة دائرة

مطبوعة.



(ب) مثال للوحة دائرة (CNC) مطبوعة

(١) تنظيم التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

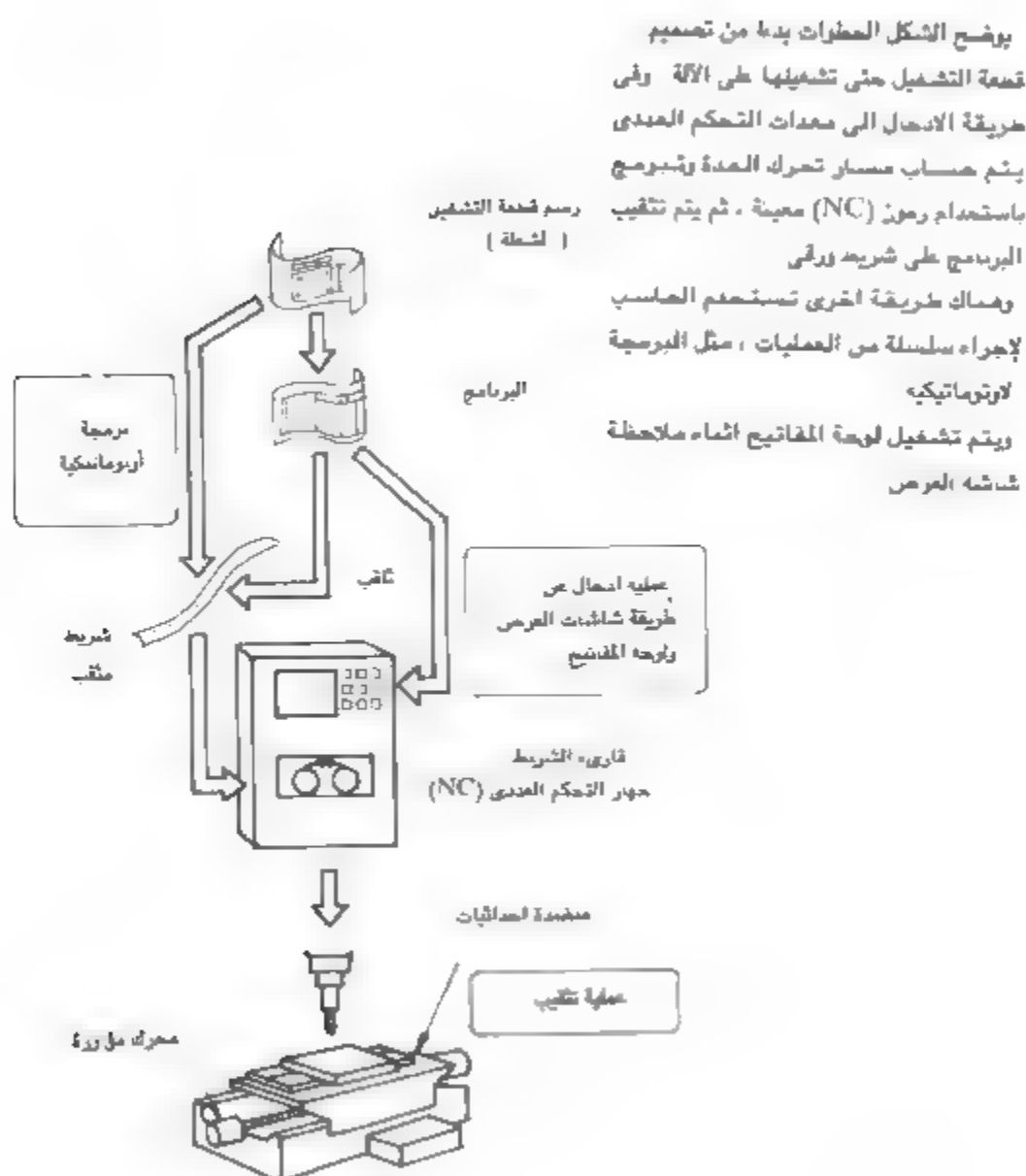
الشكل ١٠-٢١ التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

ومثال للوحة دائرة (CNC) مطبوعة

ووحدة المعالجة المركزية هي العقل في الحاسب الدقيق . ومن الذاكرتين ، تقوم الذاكرة (ROM) بتخزين البرنامج التي تتحكم في معدات (NC) بنفسها ، وتنفذ رموز برامج التشغيل بالتحكم العددي (NC) . وتحتوي الـ (RAM) ، أساسا على بيانات التعليمات . كما تحتوي على برامج التشغيل . وفي التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، وكما يظهر في الشكل ١٠-٢٢ ، تدخل البيانات الضرورية من خلال لوحة المفاتيح ويتم مراقبة إدخال البيانات إلى الذكرة من خلال شاشة العرض . ويمكن تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددي بدون استخدام شريط ورقي . وتسمح هذه الطريقة بكتابة وطباعة وتصحيح البرامج بسهولة.

وبالمقارنة مع آلات التشغيل بالتحكم العددي المعروفة (NC)، فإن آلات التشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ، حاسب دقيق نو سعة ذاكرة كبيرة ، ويمكن أن يقوم بتشغيل أجزاء مختلفة ومتنوعة بدرجة عالية من الاعتمادية، وبهذا تسمح بالتشغيل الأوتوماتيكي لمدة طويلة .

١٠-٧-١ مسار العمل في حالة آلات التشغيل بالتحكم العددي



الشكل ١٠-٢٢ مسار العمل لآلة تشغيل بالتحكم العددي

١٠-٧-٢ التحكم في آلات التشغيل بالتحكم العددي

يتم التحكم في البنود التالية عند تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC)

(١) التحكم في الموضع Positioning Control

تحدد مواضع التشغيل بدقة عن طريق هذا التحكم ويُستخدم هذا التحكم أساساً آلات التشغيل للتقريب كما في آلات التقريب وآلات التجويف

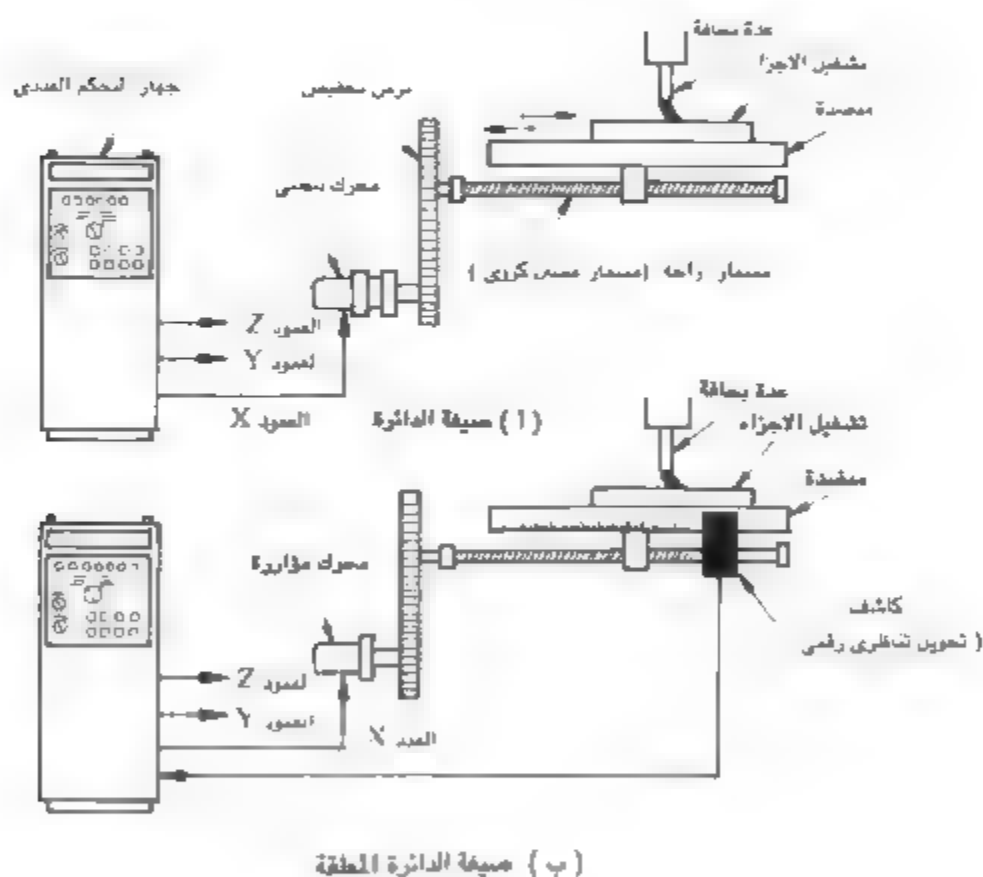
(٢) التحكم في الكنتور Contouring Control

يستخدم عندما يكون مسار حركة العدة ذا أهمية وكذلك عند قطع أشكال خاصة مثل الكامات .

وكما يبدو في الشكل ١٠-٢٣ ، يمكن ، تقريباً ، تقسيم طرق التحكم في نظم آلية لتشغيل Drive إلى مجموعتين فكما تعلمنا عند دراسة موضوع آلات المؤازرة ، تقوم إحدى المجموعات بآلية التشغيل باستخدام محرك نبضي وهذا يعتبر نظام الدائرة المفتوحة (انظر الشكل (أ)) ، للتدوير بوحدة زوايا الدوران لكل نبضة تعليمات داخلية أما المجموعة الأخرى فهي تستخدم محرك مؤازرة للإدارة وهذا يعتبر نظام الدائرة المقفولة (انظر الشكل (ب)) ، للتأكد عن طريق تركيب كاشف موضع منفصلاً - من أن العدة في الوضع المطلوب .

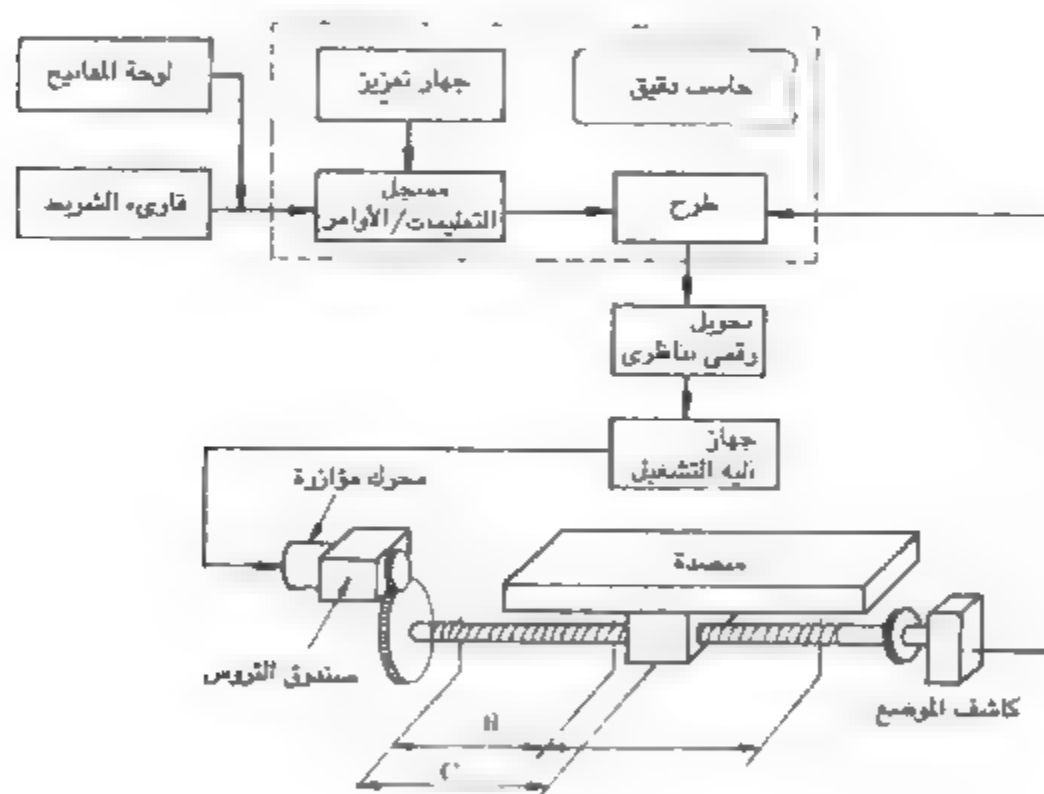
ولا يتطلب نظام الدائرة المفتوحة كاشفاً ، وهو ذو تركيب بسيط وله درجة اتزان جيدة . غير أنه ، بالمقارنة مع النظام ذي الدائرة المقفلة ، أقل جودة من ناحية الدقة والسرعة والمقدرة وتقريباً تتبع جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) نظام الدائرة المقفلة باستخدام محركات مؤازرة (DC) ، وأيضاً محركات مؤازرة (AC) ، والتي تدور بسرعة عالية ، ويسهل الصيانة .

ويبين شكل ١٠-٢٤ مثالاً لآلة بالتحكم العددي (NC) تستخدم محرك موازنة كوحدة إدارة ، وتقوم بالكشف موضع منصدة آلة التشغيل عن طريق كاشف للقيام بتصحيح الموضع وهي من نوع الدائرة المقفلة وتستخدم مشفر نبضات ، وميزان مغناطيسي ووحدات أخرى ككاشفات موضع .



الشكل ١٠-٢٢ طرق التحكم

يدخل الامر بقيمة A للتشغيل فقط من خلال لوحة المفاتيح أو قارئ الشريط . تضاف القيمة B فقط لحاذاة نقطة أصل التشغيل ، لتصبح $A+B$ ولكل حركة للمنضدة بمسافة ما ، تستقبل كمية إشارة التغذية المرتدة C من الكاشف ، ويتم حسابها وارسالها الى محرك الموازنة . وينور المحرك حتى تقترب القيمة C من القيمة التي تم ضبطها $A+B$ ، وتضعف سرعة المحرك ويتوقف في الوضع المطلوب . ثم ندخل قيمة تعليمات تشغيل تالية بالتتابع



الشكل ١٠ - ٢٤ معدة بالتحكم العددي (NC) من نوع الدائرة المغلقة

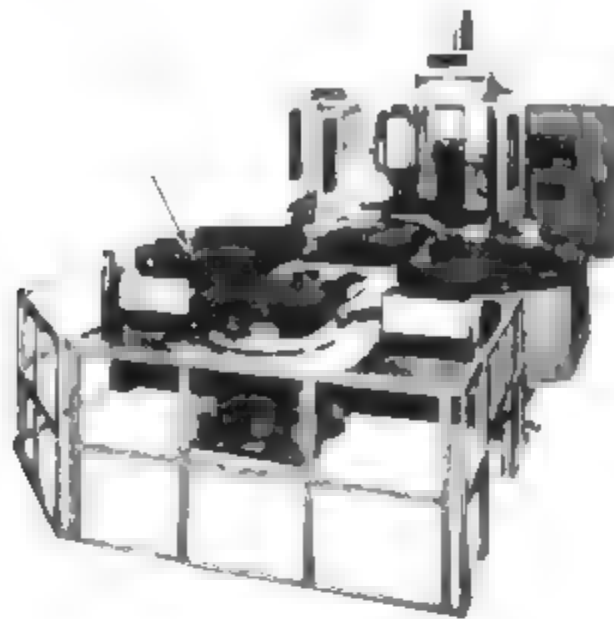
١٠-٧-٣ تحول المصنع إلى الأوتوماتيكية عن طريق آلات التشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

عجل استخدام آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) بجعل التشغيل يتم أوتوماتيكياً، والتقدم من الآلات ذات الأغراض العامة إلى مراكز التشغيل (MCs) ذات وظيفة التغيير الأوتوماتيكي للعدد والمنصة (الطبلية)، (انظر الشكل ١٠-٢٥) ، وآلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) مع الرويت الصناعي ، (انظر الشكل ١٠-٢٦) ، والانتقال إلى التشغيل بدون تدخل العامل .

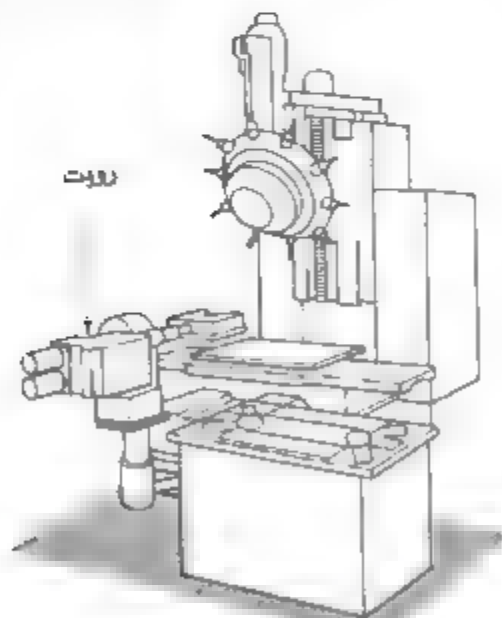
وتعمل هذه الآلات عند استقبال تعليمات التحكم من معدة (CNC) ويضبط أوضاع العدد أولاً ، يتم التأكد من تاكل العدة والبنود الأخرى ، ويتم تصحيح ذلك عن طريق معدة الـ (CNC) وهي تقوم أوتوماتيكياً بالتأكد مما إذا كانت ظروف التشغيل عادية أم لا ، وتوقف التشغيل إذا كانت ظروف التشغيل غير عادية

وتخزن معدات (CNC) مع برامج تشغيل قطع التشغيل المختلفة ، وتوقف العمل أوتوماتيكياً عند الانتهاء من العمليات والكميات المطلوبة

وبهذا ، فإنه باستخدام آلات التشغيل (CNC) ، يمكن تحقيق التشغيل الأوتوماتيكي بدون تدخل العامل لمدة طويلة ، وعليه يمكن القيام بالإنتاج الأوتوماتيكي أثناء الليل ويمكن التحكم في الإنتاج حين يتحول المصنع إلى الأوتوماتيكية (FA)، وذلك عندما يتم ربط آلات التجميع الأوتوماتيكية، ووسائل النقل الأوتوماتيكي ، والمخازن التي تعمل أوتوماتيكياً والأنظمة الأخرى، بشكل متناسق مع آلات التشغيل (CNC) ، وعندما يتم التحكم الشامل لكامل المصانع عن طريق الحاسبات .



الشكل ١٠-٢٥ مركز تشغيل مع تغيير الطبلية



الشكل ١٠-٢٦ مثال لآلة تعمل بالتحكم العددي مع روبوت صناعي

تمارينات

١ - صف خصائص الحاسب الدقيق .

٢ - يمكن تقسيم الحاسب الدقيق إلى أربعة أجزاء ببساطة ما هي الأجهزة التي تشملها هذه الأجزاء ؟

٣ - ما هي الأجهزة التي يمكن اعتبارها أجهزة خرج للحاسب الدقيق ؟

٤ - عبر عن 21، 9 العشرية بالأرقام الثنائية

٥ - اجمع الأرقام الثنائية التالية وحولها إلى أرقام عشرية

$$\begin{array}{r} 1100 \\ + 0110 \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{r} 1000 \\ + 1110 \\ \hline \end{array}$$

٦ - كيف يُستخدم الروبوت الصناعي في صناعة الآلات ؟ اذكر بعض الأمثلة

٧ - ما هو الأساس الذي يستخدمه قارئ الشريط الورقي لآلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ؟

ملاحظات ختامية

١. تعريف الوحدات الأساسية

١ م (1m): طول مسافة انتشار الضوء في الفراغ في فترة تساوي $\frac{1}{299792458}$ ثانية .

١ كجم (1kg) : وحدة الكتلة ، وتساوي كتلة الكيلو جرام النموذجي الدولي .

١ ث (1s) . أمد مستمر في فترة 9 192 631 770 من إشعاع يناظر الانتقال بين مستويين فائقى لدقة لذرة السيزيوم 133 في حالة خمود.

1A : تيار مستمر يمر في موصلين مستقيمين موضوعين في فراغ بمسافة بينية تساوي 1 م ، ذوي مساحة مقطع دائري متناهية في الصغر ، وذوي طول لانهائي ، وتؤثر عليهما قوة تساوي 2×10^{-7} نيوتن /م

١ سعر (1K) : يساوي $\frac{1}{273.16}$ من درجة الحرارة الترمودينامية عند النقطة الثلاثية للماء .

١ حذى (1 mol) : مقدار المادة في النظام الذي يحتوي على عناصر مركبة من العدد الذى يساوى عدد الذرات الموجودة في 0.012 كجم من كربون 12 .

١ شمعة (1 cd) : شدة إضاءة مصدر ضوئى يشع إشعاعاً أحادى اللون بتردد يساوى 540×10^{12} هرتز ، وشدة إشعاع تساوي $\frac{1}{683}$ وات /ستيراديان في أحد الاتجاهات.

٢. بعد سنة ١٩٤٨ ، أجريت دراسات لتوحيد جميع الكميات الطبيعية في نظام واحد ، وذلك لمنع التضارب الناتج من الأنظمة المختلفة للوحدات . وفي الجلسة المكتملة للهيئة الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٠ ، تم وضع ست وحدات أساسية (حاليا سبع) ووحدتين إضافيتين ، وقد اتُفق على تجميع وحدات الكميات الطبيعية الأخرى بناءً على هذه الوحدات. وقد كان هذا بداية النظام الدولي للوحدات (SI) .

a : القياس الدقيق بواسطة شعاع ليزر

b : تحديد وضع عدة آلة التشغيل باستخدام جهاز قياس ، بتطبيق تداخل أشعة الليزر .

C : مبدئ

d : مصدر ضوء الليزر

e : مقياس التداخل

f : فحص بالمقارنة عن طريق نموذج درجة حرارة

g : مفتاح تحكم

h : مستقبل تليفزيوني TV

i : مثال للفحص بالمقارنة للوحة دائرة مطبوعة بطريقة بث أشعة تحت الحمراء من غرض عن طريق كاميرا الأشعة تحت الحمراء وعرض الأشعة تحت الحمراء التي تم التقاطها على مستقبل TV كنموذج لدرجة الحرارة (تسجيل الحرارة) .

ز : مقياس ملون

K : نموذج معياري

l : نموذج الأجزاء التي تم فحصها

(الدوائر المكتملة ICs الموضحة بأسهم تبين درجات حرارة عالية ، وهذا يعني خللاً أو عيباً

a : الأوتوماتيكية عن طريق ربوت صناعي .

b . مثال لسلسلة من أعمال التجميع الأتوماتيكية مثل التغذية بالأجزاء (إدخال الأجزاء) ، والتجميع ، وتربيط المسامير المستننة والحركة باستخدام ربوت تجميع له وظائف تحكم عالية .

C : تحريك أجزاء IC

d : التغذية بالأجزاء وربط المسامير المستننة .

e : تجميع وتحريك مسجلات شرائط فيديو .

ملحق المصطلحات الفنية

A

accuracy.....	دقة
actuator	مُشغِّل
AD conversion.. ..	تحويل تناظري رقمي
addition	جمع
addition circuit.....	دائرة الجمع
address	عنوان
adjustment.....	ضبط
air micrometer.....	ميكرومتر هوائي
ammeter.....	أميتر
analogue	تناظري
application.....	تطبيق
area.....	مساحة
assembler language.....	لغة التجميع
autocollimator.....	الموازي الذاتي
automatic.....	أوتوماتيكية
automatic control.....	تحكم أوتوماتيكي
automation	الأتمتة

B

back-pressure	ضغط خلفي
balance wheel	عجلة موازنة
balance	ميران
BASIC language	لغة البيسك
bimetal	ثنائي المعدن
binary	ثنائي
bit	بت
block diagram.....	الرسم التخطيطي الصندوقي
block gauge	قالب قياس معياري
bulb.....	بصيلة المصباح الكهربائي
byte.....	بايت

C

cadmium sulphide cell.....	خلية كهبريتات الكادميوم
calculations.....	حسابات
capacity.....	سعة
carburetor	كربوريتر
cell.....	خلية
centrifugal tachometer.....	تاكومتر الطرد المركزي
characteristics.....	خصائص
chart.....	مخطط

circuit.....	دائرة
classification.....	تصنيف
clock.....	الساعة (آلة قياس الوقت)
comparator.....	مقارن
computer.....	حاسب
CNC (computerized numerical control).....	تحكم عددي باستخدام الحاس
contact error	خطأ التلامس
control.....	تحكم
controller.....	وحدة التحكم
control valve.....	صمام التحكم
conversion.....	تحويل
conveyor	ناقل
copy control.....	التحكم في السح
contou.....	كنطور- محيط
CPU (central processing unit)	وحدة لمعالجة المركزية
cylinder.....	اسطوانة

D

DA conversion	تحويل رقمي تناظري
D action (derivative control action)	العمل D - عمل التحكم بالتفاضل
dead load.....	حمل ساكن
dead time	زمن التخمود

decimal.....	عشري
deflection method.....	طريقة الانحراف
deformation.	تشوه
delay	تأخير
density.....	كثافة
detecting part.....	جزء لكشف
detector.....	كاشف
device.. ..	جهاز - ببيطة (عنصر)
diaphragm....	عشاء
dial gauge.	مقاس قرصي مدرج
differential	فرقي - تفاضلي
differential pressure flowmeter.....	مقاس لاسد بالضغط الفرقي
diffraction.....	حيود
digital.. ..	رقمي
digital control.....	النحكم لرقمي
diode	ثانلي
direction	تجاه
direct -reading.....	لقراءة لمباشرة
dispersion.. ..	نشتت - انتشار
displacement.....	إزاحة
division.....	قسمة
drive.....	للة التشغيل
double weighing capacity method.....	طريقة سعة الوزن المصاعف

dyne دايين

E

effect تأثير
elastic standardizing box..... صندوق المعايرة لمرن
electric..... كهربائي
electrical..... كهربائي
electric micrometer.... ميكرومتر كهربائي
electromagnetic..... كهرومغناطيسي
electronic..... الكتروني
electrostatic كهروستاتي - الكهرباء الساكنة
element عنصر
end standard معيار طرفي
engine..... محرك (سيارة)
error..... خطأ

F

factory..... مصنع
feedback..... تغذية مرتدة
final controlling element.... عنصر التحكم النهائي
first order... من المرتبة الأولى

flatness	ستواء
float	عوامة
flow	انسياب
flow chart	سير العمليات
flowmeter.....	مقياس انسياب
fluid.....	مائع
follow-up.....	متابعة
force.....	قوة
fringe.....	هُدْبَة

G

gas.....	غاز
gauge.....	مقياس
generating tachometer...	لتاكومتر المولد
grid.....	شبكة
guide valve.....	صمام دليلي

H

half - addition circuit.....	دائرة الجمع النصفى
hardware	لمكونات المادية
hexadecimal...	سداسية عشرية
holding circuit.....	دائرة الاحتجاز

hopper scale.....	الميزان القمعي
humidity.....	رطوبة
Hustler tachometer.....	تاكومتر هستلر
hydraulic.....	هيدروليكي
hysteresis difference	الفرق لتخلفي

I

I action (integral action).....	العمل I - العمل المكامل
impeller.....	دقاعة
indicating instruments.....	أجهزة البيان ..
indicating scale	الميزان ذو المبين
indication.....	بيان ..
indicator	مبين ..
inductance.....	محاثه
industrial.....	صناعي
industrial robot	روبوت صناعي
infrared.....	تحت الحمراء - الأشعة تحت الحمراء
instructions	تعليمات
instrumentation.....	استخدام أجهزة القياس
integral element...	العنصر المكامل
interface.....	المواءمة البينية
interference.....	تداخل

interlock circuit..... دائرة التشابك

J

JIS(Japanese Industrial Standards) المواصفات الصناعية اليابانية

L

log تحلف

language..... لغة

laser beam..... شعاع الليزر

LED (light emission diode)..... ثنائي باعثة للضوء

length..... طول

light lever..... ذراع ضوئي

light wave.... موجة الضوء

line standard. .. معيار خطي

liquid crystal display..... المبين ذو البلورات السائلة

liquid column pressure gauges.. .. مقاييس الضغط بعمود سائل

liquid level..... مستوى السائل

load cell..... خلية الحمل

logic circuit..... الدائرة المنطقية

M

machine language.....	لغة الآلة
machine tool.....	آلة التشغيل
magnetic.....	مغناطيسي
mass.....	كتلة
mean value.....	القيمة المتوسطة
measured value.....	القيمة المقاسة
measurement.....	القياس
measuring instrument.....	جهاز قياسي
measuring range.....	مدى القياس
mechanical.....	ميكانيكي
meter.....	مقياس
method.....	طريقة
metallic.....	معدني
microcomputer	حاسب دقيق
micro processor ..	معالج دقيق
micrometer.....	ميكرومتر
MIS	المواصفات العسكرية الأمريكية
Moire fringes	هَدْبُ مُوَار
moisture.....	رطوبة
motor.....	محرك
motor starter	باديء حركة (تشغيل) المحرك

multiplication..... ضرب

N

NC (numerical control)..... تحكم عددي

non - contact بدون تلامس

nozzle..... فوهة

numerical value..... قيمة عددية

O

ohmmeter..... أومّتر (مقياس المقاومة)

on - off action عمل وصل / فصل

optical..... ضوئي

optoelectric... .. كهروضوئي

orifice..... فتحة

oscillograph راسمة الذبذبات

output..... خرج

oval..... بيضاوي

overshoot..... تجاوز وضع التوازن

oxygen..... أكسجين

P

P action (proportional action).....	العمل P - العمل المتناسب
parallax.....	اختلاف المنظر
parallelism	توازي
pattern.....	نموذج - مخطط - نمط
pendulum... ..	بندول
performance.....	أداء
piezoelectric.....	كهربائي إجهادي
photoelectric.	كهروضوئي
phototransistor.....	ترانزستور ضوئي - الالكترونييات البصرية
photovoltaic cell.. ..	خلية كهروضوئية
platform scale.....	ميزان ذو منصة (أطبليّة)
platinum.....	بلاتين
pneumatic.....	نيوماتي (يمكنه بالهواء المضغوط)
portable clock tachometer	التاكومتر المحمول ذو الساعة
position.....	موضع
positive.....	موجب
pressure.. ..	ضغط
probe	مجس
process control... ..	التحكم في العمليات
program.....	برنامج
programmable controller	وحدة التحكم المبرمج

properties ...	خصائص
proximity switch	مفتاح التقارب
pulse.....	نبضة
pulse motor.....	المحرك النبضي
pump	مضخة
pyrometer.	بيرومتر

Q

quartz clocks...	ساعات الكوارتز
quartz oscillator.....	مذبذب الكوارتز

R

radiation...	إشعاع
RAM(random access memory) ..	ذاكرة الوصول العشوائي
ratio... ..	نسبة
ray.. ..	شعاع
reciprocal.....	ترددي
reference.. ..	مرجع
reflection.. ..	نعكس
register... ..	مسجل
relay.....	مرحل

relief valve.	صمام تنفيس (تخفيف)
resistance.....	مقاومة
responce.....	استجابة
robot.....	روبوت أو روبط
ROM (read only memory)	ذاكره لفرء فقط.
rounding of values.....	تقريب القيم
rpm(revolutions per minute).	عدد اللفات في الدقيقة

S

scale.	مقياس - ميزان
screw.....	مسمار مسنن
secondary.....	ثانوي
semi-conductor.....	شه موصل
sensitivity.....	حساسية
sensor.....	حساس مجس
sequence	تتابع
sequential control.....	تحكم متتابع
servo - mechanism..	لية مؤازرة (سرقو)
shape.....	شكل
signal.....	إشارة
significant digit.	رقم معنوى
slide rheostat.....	ريوستات منزلق

software..	برامج
solenoid valve. ...	صمام ذو ملف لولبي
speed of revolution..	سرعة الدوران
standard deviation .	لانحراف المعياري
standard scale.....	مقياس معياري
step response .	الاستجابة لداله الخطوة (الخطوة)
straightness.....	استقامة
strain gauge . .	مفاس لإفعال
stroboscope tachometer . .	لتاكومتر لسروبوسكوبي
subtraction.....	طرح
surface roughness.	خشونة لسطح
switch.....	مفتاح
system.....	نظام

T

tachometer.....	تاكومتر
temperature... ..	درجة الحرارة
thermal.	حرري
thermistor.....	ثرمسور- مقاوم حرري
thermocouple... ..	مردوحة حرارة
thermoelectric	كهروحراري - حرري كهربي
Thermodynamic	ثرمودينامي

thermometer.....	ترمومتر
thermostat.....	ترموستات
three - dimensional.....	ثلاثي الأبعاد
thyristor.....	ثايرستور - نبيلة ثلاثية من أشباه الموصلات
time.....	الزمن
time limit relay	مرحل الحد الزمني
timer.....	مُزقت
tool microscope.....	مجهر العدة
toothed wheel	عجلة مستننة
tracer.....	متتبع
transformer.....	محول
transistor.....	ترانزستور
transmission.....	إرسال
treatment	معالجة

U

ultrasonic.....	فوق الصوتي
unit.....	وحدة
universal profile projector	جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة
utilization	إستخدام

V

vacuum.....	تفريغ
value.....	قيمة
valve.....	صمام
variable.....	متغير
venturi tube.....	أنبوبة فنتوري
vernier caliper.....	قدمة ذات ورنية
voltmeter.....	فولتметр

W

wet.....	مبلل
Wheatstone bridge.....	قنطرة هويستون
wire	سلك

Z

zero method	الطريقة الصفرية
-------------------	-----------------

تصويب الأخطاء

م	رقم الصفحة	مكان الخطأ	الخطأ	الصواب
١	١٦٧	العنوان رقم ٢-٢-٥	مقياس الانسياب دوران المساحة	مقياس الانسياب على أساس دوران المساحة
٢	٢٠٥	تحت الرسم	إرجع إلى ص ...	إرجع إلى ص (١٠٨)
٣	٢٨٤	تحت الرسم	علاقة رياضية سقطت سهواً	$y = \frac{X}{C} \int_0^t dt = \frac{X}{C} t \dots (9-2)$
٤	٣٣٦	على الرسم	(أسطوانة ...) و (مرنان بوري)	أسطوانة صلبة ، مذبذب بلوري

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكندر بصورة جديدة
وطباعة ممتازة
نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

